Machine Translated by Google

El clima como multiplicador de fuerza: Ser dueños del clima en 2025

Un trabajo de investigación
Presentado a

Fuerza Aérea 2025

por

Coronel Tamzy J. House
Teniente Coronel James B. Near, Jr.
Teniente coronel William B. Shields (EE. UU.)
Mayor Ronald J. Celentano Mayor
David M. Esposo Mayor Ann E.
Mercer Mayor James E. Pugh

Agosto de 1996

Machine Translated by Google

Descargo de responsabilidad

2025 es un estudio diseñado para cumplir con una directiva del jefe de Estado Mayor de la Fuerza Aérea de examinar los conceptos, capacidades y tecnologías que Estados Unidos necesitará para seguir siendo la fuerza aérea y espacial dominante en el futuro. Presentado el 17 de junio de 1996, este informe se elaboró en el marco de la libertad académica del Departamento de Defensa y con el fin de promover conceptos relacionados con la defensa nacional. Las opiniones expresadas en este informe son las de los autores y no reflejan la política ni la postura oficial de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, el Departamento de Defensa ni el gobierno de Estados Unidos.

Este informe contiene representaciones ficticias de situaciones/escenarios futuros. Cualquier similitud con personas o eventos reales, salvo las citadas específicamente, es involuntaria y se presenta únicamente con fines ilustrativos.

Esta publicación ha sido revisada por autoridades de seguridad y revisión de políticas, no está clasificada y está autorizada para su divulgación pública.

Machine Translated by Google

Contenido

Capítulo Página

Descargo de responsabilidad....ii

Ilustraciones....iv

Tablas....iv

Agradecimientos....v

Resumen ejecutivo....vi

1 Introducción....1

2 Capacidad requerida....3 ¿Por qué querríamos alterar el clima?....3 ¿Qué queremos decir con “modificación del clima”?....4

3 Descripción del sistema....8 La red meteorológica global....8 Aplicación de la modificación del clima a las operaciones militares....10

4 Concepto de Operaciones....13
Precipitación....13
Niebla....16
Tormentas....18 Explotación del “Cercanoespacio” para el Control Espacial....20 Oportunidades que Ofrece la Modificación del Clima Espacial....20 Dominio de las Comunicaciones a través de la Modificación Ionosférica....21 Clima Artificial....27 Resumen del Concepto de Operaciones....28

5 Recomendaciones de la investigación....31 ¿Cómo llegamos allí desde aquí?....31
Conclusiones....34

Apéndice Página

A ¿Por qué es importante la ionosfera?....36

B Investigación para comprender y predecir mejor los efectos ionosféricos....39

C Siglas y definiciones....41

Bibliografía....42

Machine Translated by Google

Ilustraciones

Cifra Página

3-1. Red Meteorológica Mundial....9

3-2. El sistema militar para operaciones de modificación del clima. 11

4-1. Enfoque de haz cruzado para generar un espejo ionosférico artificial....23

4-2. Comunicaciones punto a punto mediante espejos ionosféricos artificiales 24

4-3. Concepto de vigilancia sobre el horizonte con espejo ionosférico artificial. 25

4-4. Escenarios de degradación de las telecomunicaciones 26

5-1. Hoja de ruta de competencias básicas para la modificación climática en 2025. 32

5-2. Hoja de ruta para el desarrollo de sistemas de modificación climática en 2025....34

Tablas

Mesa Página

1 Matriz de Capacidades Operacionales....vi

Machine Translated by Google

Expresiones de gratitud

Expresamos nuestro agradecimiento al Sr. Mike McKim de Air War College, quien proporcionó una gran cantidad de

Experiencia técnica e ideas innovadoras que contribuyeron significativamente a nuestro artículo. También estamos especialmente...

Agradecidos por el apoyo incondicional de nuestras familias durante este proyecto de investigación. Su comprensión y

La paciencia durante el exigente período de investigación fue crucial para el éxito del proyecto.

Machine Translated by Google

Resumen ejecutivo

En 2025, las fuerzas aeroespaciales de EE. UU. pueden “dominar el clima” al capitalizar las tecnologías emergentes y Centrar el desarrollo de esas tecnologías en aplicaciones bélicas. Esta capacidad ofrece a la guerra... Herramientas de combate para moldear el espacio de batalla de maneras nunca antes posibles. Brinda oportunidades para impactar operaciones en todo el espectro del conflicto y es pertinente para todos los futuros posibles. El propósito de este El objetivo del artículo es delinear una estrategia para el uso de un futuro sistema de modificación del clima para lograr objetivos militares. objetivos en lugar de proporcionar una hoja de ruta técnica detallada.

La modificación del clima, un esfuerzo de alto riesgo y alta recompensa, presenta un dilema similar a la división del átomo. Si bien algunos segmentos de la sociedad siempre se mostrarán reacios a examinar cuestiones controvertidas como En cuanto a la modificación del clima, las tremendas capacidades militares que podrían resultar de este campo se ignoran en nuestro propio riesgo. Desde mejorar las operaciones amigas hasta interrumpir las del enemigo mediante la adaptación a pequeña escala de patrones climáticos naturales para completar el dominio de las comunicaciones globales y el control del contraespacio, La modificación del clima ofrece al combatiente una amplia gama de opciones posibles para derrotar o coaccionar a un enemigo. adversario. Algunas de las capacidades potenciales que un sistema de modificación del clima podría proporcionar a un enemigo en guerra Los comandantes en jefe (CINC) se enumeran en la tabla 1.

Los avances tecnológicos en cinco áreas principales son necesarios para una modificación climática integrada Capacidad: (1) técnicas avanzadas de modelado no lineal, (2) capacidad computacional, (3) información recopilación y transmisión, (4) un conjunto global de sensores y (5) técnicas de intervención meteorológica. Algunos Hoy en día existen herramientas de intervención y es posible que se desarrollen y perfeccionen otras en el futuro.

Machine Translated by Google

Tabla 1

Matriz de Capacidades Operacionales

DEGRADAR LAS FUERZAS ENEMIGAS	MEJORAR LAS FUERZAS AMIGAS
Mejora de la precipitación - Líneas de comunicación por inundaciones - Reducir la efectividad del PGM/Reconocimiento - Disminuir el nivel de comodidad/moral	Evitar las precipitaciones - Mantener/Mejorar el LOC - Mantener la visibilidad - Mantener el nivel de comodidad/moral
Mejora de tormenta - Denegar operaciones	Modificación de tormentas - Elige el entorno del espacio de batalla
Negación de la precipitación - Negar agua dulce - Inducir sequía	Clima espacial - Mejorar la confiabilidad de la comunicación - Interceptar transmisiones enemigas - Revitalizar los activos espaciales
Clima espacial - Interrumpir las comunicaciones/radar - Deshabilitar/destruir activos espaciales	Generación de niebla y nubes - Aumentar la ocultación
Eliminación de niebla y nubes - Negar ocultación - Aumentar la vulnerabilidad a PGM/Recce	Eliminación de niebla y nubes - Mantener las operaciones del aeródromo - Mejorar la eficacia del PGM
Detectar actividades climáticas hostiles	Defenderse de las capacidades enemigas

Las tecnologías actuales que madurarán durante los próximos 30 años ofrecerán a cualquiera que tenga lo necesario recursos la capacidad de modificar los patrones climáticos y sus efectos correspondientes, al menos a escala local. Las tendencias demográficas, económicas y ambientales actuales crearán tensiones globales que proporcionarán el impulso necesario para que muchos países o grupos conviertan esta capacidad de modificación del clima en una capacidad.

En Estados Unidos, la modificación del clima probablemente se convertirá en parte de la política de seguridad nacional. tanto nacionales como internacionales. Nuestro gobierno aplicará dicha política, dependiendo de sus intereses, en varios niveles. Estos niveles podrían incluir acciones unilaterales, participación en un programa de seguridad marco como la OTAN, la pertenencia a una organización internacional como la ONU o la participación en una coalición. Suponiendo que en 2025 nuestra estrategia de seguridad nacional incluya la modificación climática, su uso en nuestra La estrategia militar nacional se desprenderá naturalmente. Además de los importantes beneficios que ofrece una capacidad operativa... Proporcionaría, otra motivación para buscar la modificación del clima es disuadir y contrarrestar el potencial adversarios.

Machine Translated by Google

En este artículo demostramos que la aplicación apropiada de la modificación del clima puede proporcionar espacio de batalla dominio a un grado nunca antes imaginado. En el futuro, tales operaciones mejorarán el aire y el espacio. superioridad y brindar nuevas opciones para la configuración y el conocimiento del espacio de batalla.1 “La tecnología está ahí, esperando que la unamos todas”;2 en 2025 podremos “Dominar el Clima”.

Notas

1 Las capacidades de modificación del clima descritas en este documento son consistentes con los entornos operativos y misiones relevantes para las fuerzas aeroespaciales en 2025, según lo define AF/LR, una oficina de planificación de largo alcance que reporta a la CSAF [basado en la presentación en PowerPoint de AF/LR “Air and Space Power Framework for Strategy Development (jda-2lr.ppt)]”.

2 General Gordon R. Sullivan, “Avanzando hacia el siglo XXI: el ejército estadounidense y la modernización”, Military Review (julio de 1993), citado en Mary Ann Seagraves y Richard Szymber, “El clima es un multiplicador de fuerza”, Military Review, noviembre/diciembre de 1995, pág. 75.

Machine Translated by Google

Capítulo 1

Introducción

Escenario: Imaginemos que en 2025 Estados Unidos está luchando contra un país rico, pero ahora consolidado y políticamente poderoso.
cártel de la droga en Sudamérica. El cártel ha comprado cientos de cazas de fabricación rusa y china que...
han frustrado con éxito nuestros intentos de atacar sus instalaciones de producción. Con su número local
Superioridad y líneas interiores, el cártel está lanzando más de 10 aviones por cada uno de nosotros. Además,
El cártel utiliza el sistema francés de posicionamiento y seguimiento SPOT (sistema probatorio de observación de la tierra).
sistemas de imágenes, que en 2025 serán capaces de transmitir imágenes multiespectrales casi en tiempo real con 1
Resolución del metro. Estados Unidos desea enfrentarse al enemigo en un campo de juego desigual para aprovechar al máximo
potencial de nuestras aeronaves y municiones.

El análisis meteorológico revela que la América del Sur ecuatorial suele tener tormentas eléctricas por la tarde.
a diario durante todo el año. Nuestra inteligencia ha confirmado que los pilotos del cártel se muestran reacios a volar o
cerca de tormentas eléctricas. Por lo tanto, nuestro elemento de apoyo de fuerza meteorológica (WFSE), que forma parte de
El centro de operaciones aéreas (AOC) del comandante en jefe (CINC) tiene la tarea de pronosticar las trayectorias de las tormentas y activar o
intensificar las células de tormenta sobre áreas críticas que el enemigo debe defender con sus aviones. Desde entonces
Nuestras aeronaves en 2025 tienen capacidad para todo tipo de clima, la amenaza de tormentas eléctricas es mínima para nuestras fuerzas y podemos
controlar de forma efectiva y decisiva el cielo sobre el objetivo.

El WFSE tiene las capacidades de sensores y comunicación necesarias para observar, detectar y actuar en consecuencia.
Requisitos de modificación del clima para apoyar los objetivos militares de EE. UU. Estas capacidades son parte de un
Sistema avanzado de área de batalla que apoya al comandante en jefe. En nuestro escenario, el comandante en jefe asigna al WFSE
Para realizar operaciones de intensificación y ocultación de tormentas. El WFSE modela las condiciones atmosféricas.

Machine Translated by Google

Predecir, con un 90 por ciento de confianza, la probabilidad de una modificación exitosa utilizando la nube aerotransportada
Generación y siembra.

En 2025, los vehículos aeroespaciales no tripulados (UAV) se utilizarán rutinariamente para operaciones de modificación del clima.
Al cruzar los tiempos de ataque deseados con los pronósticos de viento y tormentas eléctricas y el satélite SPOT
Órbita proyectada, el WFSE genera perfiles de misión para cada UAV. El WFSE guía cada UAV utilizando
Información casi en tiempo real de un conjunto de sensores en red.

Antes del ataque, que se coordina con las condiciones meteorológicas previstas, los UAV comienzan a operar en las nubes.
Operaciones de generación y siembra. Los UAV dispersan un escudo cirro para bloquear la visibilidad y el infrarrojo (IR) del enemigo.
vigilancia. Simultáneamente, los calentadores de microondas crean una centelleo localizada para interrumpir la detección activa a través de
Sistemas de radar de apertura sintética (SAR), como el sistema de búsqueda y rescate canadiense disponible comercialmente.
seguimiento asistido por satélite (SARSAT) que estará ampliamente disponible en 2025. Otras operaciones de siembra de nubes
provocar que una tormenta eléctrica en desarrollo se intensifique sobre el objetivo, limitando severamente la capacidad del enemigo para
defender. La WFSE monitorea toda la operación en tiempo real y anota la finalización exitosa de otra
Misión de modificación del clima muy importante pero rutinaria.

Este escenario puede parecer improbable, pero para 2025 es posible. El siguiente capítulo...
Explora las razones de la modificación del clima, define el alcance y examina las tendencias que la harán posible.
posible en los próximos 30 años.

Machine Translated by Google

Capítulo 2

Capacidad requerida

¿Por qué querríamos alterar el clima?

Según el general Gordon Sullivan, exjefe del Estado Mayor del Ejército, “A medida que avanzamos con la tecnología hacia el siglo XXI,
En el siglo XXI, podremos ver al enemigo de día o de noche, en cualquier clima, y perseguirlo sin descanso” .1
Una capacidad global, precisa, en tiempo real, robusta y sistemática de modificación del clima proporcionaría un combate bélico
Comandantes en jefe con un potente multiplicador de fuerza para alcanzar objetivos militares. Dado que el clima será común a todos...
En futuros posibles, una capacidad de modificación del clima sería aplicable universalmente y tendría utilidad en todo el mundo.
Todo el espectro del conflicto. La capacidad de influir en el clima, incluso a pequeña escala, podría cambiar
De un degradador de fuerza a un multiplicador de fuerza.

La gente siempre ha querido poder hacer algo con respecto al clima. En Estados Unidos, ya en 1839,
Los archivos de periódicos hablan de personas con ideas serias y creativas sobre cómo hacer llover.2 En 1957,
El comité asesor del presidente sobre control meteorológico reconoció explícitamente el potencial militar del control meteorológico.
modificación, advirtiendo en su informe que podría convertirse en un arma más importante que la bomba atómica.3

Sin embargo, desde 1947 existe controversia sobre las posibles consecuencias jurídicas derivadas de la
La alteración deliberada de grandes sistemas de tormentas significó que en el futuro se podrían realizar pocos experimentos sobre
tormentas que tenían el potencial de alcanzar la tierra.4 En 1977, la Asamblea General de las Naciones Unidas adoptó una resolución
que prohíbe el uso hostil de técnicas de modificación ambiental. La resultante “Convención sobre la
Prohibición del uso militar o cualquier otro uso hostil de técnicas de modificación ambiental (ENMOD)”

Machine Translated by Google

Los firmantes se comprometieron a abstenerse de cualquier uso militar u otro uso hostil de modificación climática que podría tener efectos generalizados, duraderos o graves.5 Si bien estos dos eventos no han detenido la En la búsqueda de la investigación sobre modificación del clima, han inhibido significativamente su ritmo y el desarrollo de tecnologías asociadas, mientras se produce un enfoque principal en actividades de supresión versus intensificación.

La influencia del clima en las operaciones militares es reconocida desde hace mucho tiempo. Durante la Segunda Guerra Mundial, Eisenhower dijo:

> En Europa, el mal tiempo es el peor enemigo de las operaciones aéreas. Un soldado dijo una vez: «El tiempo siempre es neutral». Nada más falso. El mal tiempo es, obviamente, enemigo del bando que busca lanzar proyectos que requieren buen tiempo, o del bando que posee grandes recursos, como unas fuerzas aéreas fuertes, que dependen del buen tiempo para operaciones eficaces. Si el mal tiempo realmente persistiera,
>
> ¡Los nazis no necesitarían nada más para defender la costa de Normandía!6

El impacto del clima también ha sido importante en operaciones militares más recientes. Un número significativo de las incursiones aéreas en Tuzla durante el despliegue inicial de apoyo a la operación de paz de Bosnia fueron abortadas debido a Al clima. Durante la Operación Tormenta del Desierto, el general Buster C. Glosson le pidió a su oficial meteorológico que le dijera qué objetivos estarían claros en 48 horas para su inclusión en la orden de tareas aéreas (ATO).7 Pero la situación actual La capacidad de pronóstico tiene una precisión de solo el 85 por ciento durante no más de 24 horas, lo que no satisface adecuadamente Las necesidades del ciclo de planificación de la ATO. Más del 50 % de las salidas del F-117 fueron abortadas por condiciones meteorológicas sobre sus objetivos. y los A-10 sólo volaron 75 de las 200 misiones programadas de apoyo aéreo cercano (CAS) debido a la baja cobertura de nubes durante los dos primeros días de la campaña.8 La aplicación de tecnología de modificación del clima para limpiar un agujero en Los objetivos el tiempo suficiente para que los F-117 los ataquen y coloquen bombas en el objetivo o despejen la niebla de la pista. Tuzla habría sido un multiplicador de fuerza muy eficaz. La modificación del clima claramente tiene potencial para... Uso militar a nivel operacional para reducir los elementos de niebla y fricción para operaciones amigas y para aumentarlos significativamente para el enemigo.

¿Qué queremos decir con “modificación del clima”?

Hoy en día, la modificación del clima es la alteración de los fenómenos meteorológicos en un área limitada durante un tiempo limitado. período de tiempo.9 En las próximas tres décadas, el concepto de modificación del clima podría ampliarse para incluir la capacidad de dar forma a los patrones climáticos al influir en sus factores determinantes.10 Lograr un cambio tan significativo

Machine Translated by Google

Una capacidad de modificación del clima precisa y razonablemente exacta en los próximos 30 años requerirá
superando algunos obstáculos tecnológicos y legales desafiantes pero no insuperables.

Tecnológicamente, debemos tener una comprensión sólida de las variables que afectan el clima. Debemos ser...
capaces de modelar la dinámica de sus relaciones, mapear los posibles resultados de sus interacciones, medir sus
valores reales en tiempo real e influir en ellos para lograr el resultado deseado. La sociedad tendrá que
Proporcionar los recursos y la base jurídica para el desarrollo de una capacidad madura. ¿Cómo pudo suceder todo esto?
El siguiente escenario teórico postula cómo la modificación del clima podría volverse técnicamente factible y
socialmente deseable para el año 2025.

Desde ahora hasta 2005, los avances tecnológicos en meteorología y la demanda de datos más precisos
La información meteorológica proporcionada por empresas globales conducirá a la identificación y parametrización exitosa de
Las principales variables que afectan el clima. Para 2015, los avances en capacidad computacional, técnicas de modelado,
y el seguimiento de la información atmosférica producirá una predicción meteorológica altamente precisa y confiable.
capacidad, validada con las condiciones meteorológicas reales. En la década siguiente, la densidad de población ejerció presión
sobre la disponibilidad y el costo mundial de alimentos y agua potable. Pérdidas masivas de vidas y bienes.
asociados con los desastres climáticos naturales se vuelven cada vez más inaceptables. Estas presiones impulsan
gobiernos y/u otras organizaciones que puedan aprovechar los avances tecnológicos del
Los últimos 20 años han permitido desarrollar una capacidad de modificación del clima altamente precisa y razonablemente exacta.
La creciente urgencia de aprovechar los beneficios de esta capacidad estimula la promulgación de leyes y tratados, y algunas medidas unilaterales.
acciones, haciendo aceptables los riesgos necesarios para validarla y refinarla. Para 2025, el mundo, o partes de él, estarán
Capaz de dar forma a los patrones climáticos locales al influir en los factores que afectan el clima, las precipitaciones, las tormentas y
sus efectos, la niebla y el espacio cercano. Estas aplicaciones civiles de alta precisión y razonablemente precisas...
La tecnología de modificación climática tiene implicaciones militares obvias. Esto es particularmente cierto en el sector aeroespacial.
fuerzas, porque si bien el clima puede afectar a todos los medios de operación, opera en el nuestro.

El término modificación del clima puede tener connotaciones negativas para muchas personas, civiles y militares.
miembros por igual. Por lo tanto, es importante definir el alcance que se considerará en este documento para que los posibles críticos
o los proponentes de futuras investigaciones tienen una base común para la discusión.

En el sentido más amplio, la modificación del clima se puede dividir en dos categorías principales: supresión y
Intensificación de los patrones climáticos. En casos extremos, podría implicar la creación de patrones climáticos completamente nuevos.

Machine Translated by Google

patrones, atenuación o control de tormentas severas, o incluso alteración del clima global a gran escala y/o
Escala de larga duración. En los casos más leves y menos controvertidos, puede consistir en inducir o suprimir
Precipitación, nubes o niebla por períodos cortos en una región pequeña. Otras aplicaciones de baja intensidad podrían...
incluyen la alteración y/o el uso del espacio cercano como medio para mejorar las comunicaciones, interrumpir actividades o
detección pasiva u otros fines. Al realizar la investigación para este estudio, se consideró la más amplia posible
La interpretación de la modificación del clima fue adoptada inicialmente, de modo que se abriera la gama más amplia de oportunidades.
disponibles para nuestras fuerzas armadas en 2025 se consideraron cuidadosamente. Sin embargo, por varias razones descritas
A continuación, este artículo se centra principalmente en formas localizadas y de corto plazo de modificación del clima y cómo
Estos podrían incorporarse a la capacidad de combate. Las principales áreas discutidas incluyen la generación y
disipación de precipitaciones, nubes y niebla; modificación de sistemas de tormentas localizadas; y el uso de la
la ionosfera y el espacio cercano para el control espacial y el dominio de las comunicaciones. Estas aplicaciones son
en consonancia con CJCSI 3810.01, “Operaciones meteorológicas y oceanográficas”.11

Ejemplos extremos y controvertidos de modificación del clima: creación de climas a medida,
modificación climática a gran escala, creación y/o control (o “dirección”) de tormentas severas, etc.—fueron
investigados como parte de este estudio, pero que reciben sólo una breve mención aquí porque, a juicio de los autores,
Los obstáculos técnicos que impiden su aplicación parecen insuperables en un plazo de 30 años.12 Si no fuera así,
En tal caso, dichas aplicaciones se habrían incluido en este informe como posibles opciones militares, a pesar de su
su naturaleza controvertida y potencialmente malévola y su inconsistencia con los acuerdos vigentes de las Naciones Unidas
del cual Estados Unidos es signatario.

Por otra parte, las aplicaciones de modificación del clima propuestas en este informe varían desde las técnicas
Se ha demostrado que son potencialmente factibles. Sin embargo, son similares en el sentido de que ninguna se emplea ni se prevé actualmente.
para su empleo en nuestras fuerzas operativas. También son similares en su valor potencial para el combatiente de guerra de
el futuro, como esperamos transmitir en los siguientes capítulos. Un sistema integrado nocional que incorpora
En el próximo capítulo se describirán las herramientas de modificación del clima; luego, se explicará cómo se pueden aplicar dichas herramientas.
discutido en el marco del Concepto de Operaciones en el capítulo 4.

Machine Translated by Google

[1] General Gordon R. Sullivan, “Avanzando hacia el siglo XXI: el ejército estadounidense y la modernización”, Military Review (julio de 1993), citado en Mary Ann Seagraves y Richard Szymber, “El clima es un multiplicador de fuerza”, Military Review, noviembre/diciembre de 1995, pág. 75.

[2] Horace R. Byers, “Historia de la modificación del clima”, en Wilmot N. Hess, ed. Modificación del clima y el tiempo (Nueva York: John Wiley & Sons, 1974), 4.

[3] William B. Meyer, “La vida y la época del clima en EE. UU .: ¿Qué podemos hacer al respecto?” Patrimonio 37, no. 4 (junio/julio 1986), 48.

[4] Byers, 13 años.

[5] Departamento de Estado de los Estados Unidos, Boletín del Departamento de Estado, 74, núm. 1981 (13 de junio de 1977): 10.6

Dwight D. Eisenhower. “Cruzada en Europa”, citado en John F. Fuller, Thor's Legions (Boston: Sociedad Americana de Meteorología, 1990), 67.

[7] Entrevista al teniente coronel Gerald F. Riley, oficial meteorológico del Estado Mayor del CENTCOM OIC de la Fuerza de Apoyo Meteorológico de la CENTAF y comandante del 3.er Escuadrón Meteorológico, en la serie de entrevistas “Desert Shield/Desert Storm”, por el Dr. William E. Narwyn, historiador de AWS, 29 de mayo de 1991.

[8] Thomas A. Keaney y Eliot A. Cohen. Informe resumido de la encuesta sobre el poder aéreo en la Guerra del Golfo (Washington) DC: Oficina de Imprenta del Gobierno, 1993), 172.

[9] Herbert S. Appleman, Introducción a la modificación del clima (Scott AFB, Ill.: Servicio Meteorológico Aéreo/MAC, septiembre de 1969), 1.

[10] William Bown, “Los matemáticos aprenden a dominar el caos”, New Scientist, 30 de mayo de 1992, 16.

[11] CJCSI 3810.01, Operaciones Meteorológicas y Oceanográficas, 10 de enero de 1995. Esta Instrucción CJCS establece la política y asigna responsabilidades para la realización de operaciones meteorológicas y oceanográficas. También define los términos «extendido», «de larga duración» y «grave» para identificar las actividades que las fuerzas estadounidenses tienen prohibido realizar según la Convención de las Naciones Unidas sobre Modificación Ambiental. «Extendido» se define como una zona de varios cientos de km; «de larga duración» significa que dura meses o aproximadamente una temporada; y «grave» implica una perturbación o daño grave o significativo a la vida humana, los recursos naturales y económicos, u otros bienes.

[12] La preocupación por las consecuencias no deseadas de intentar “controlar” el clima está más que justificada. El clima es un ejemplo clásico de sistema caótico (es decir, un sistema que nunca se repite con exactitud). Un sistema caótico también es extremadamente sensible: pequeñas diferencias en las condiciones afectan considerablemente los resultados. Según el Dr. Glenn James, experto en caos con numerosas publicaciones, los avances técnicos pueden proporcionar un medio para predecir cuándo ocurrirán las transiciones climáticas y la magnitud de las entradas necesarias para provocarlas; sin embargo, nunca será posible predecir con precisión los cambios que se produzcan como resultado de nuestras entradas. La naturaleza caótica del clima también limita nuestra capacidad para realizar pronósticos precisos a largo plazo. El reconocido físico Edward Teller presentó recientemente los cálculos que realizó para determinar la mejora en el pronóstico meteorológico a largo plazo que resultaría de una constelación de satélites que proporcionara mediciones atmosféricas continuas en una cuadrícula de 1 km² a nivel mundial. Dicho sistema, cuyo costo actual es prohibitivo, solo mejoraría los pronósticos a largo plazo de los cinco días actuales a aproximadamente 14 días. Es evidente que existen límites físicos definidos a la capacidad de la humanidad para controlar la naturaleza, pero el alcance de esos límites físicos sigue siendo una incógnita.

Fuentes: GE James, “Chaos Theory: The Essentials for Military Applications”, en ACSC Theater Air Campaign Studies Coursebook, AY96, 8 (Maxwell AFB, Alabama: Air University Press, 1995), 1-64. Los cálculos de Teller se citan en la referencia 49 de esta fuente.

Machine Translated by Google

Capítulo 3

Descripción del sistema

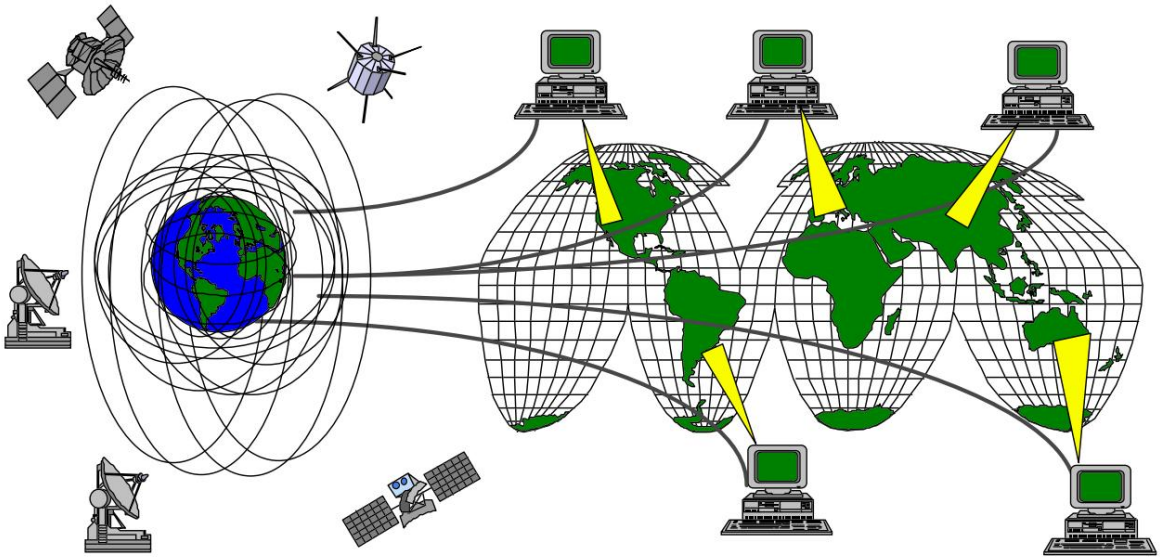
Nuestra visión es que para 2025 los militares podrían influir en el clima a mesoescala (<200 km2) o microescala (área local inmediata) para lograr capacidades operativas como las que se enumeran en la Tabla 1. La capacidad sería el resultado sinérgico de un sistema compuesto por (1) una fuerza meteorológica altamente capacitada especialistas (WFS) que son miembros del elemento de apoyo de la fuerza meteorológica (WFSE) del CINC; (2) puertos de acceso a la red meteorológica mundial (GWN), donde se obtienen observaciones y pronósticos meteorológicos de todo el mundo casi en tiempo real a partir de fuentes civiles y militares; (3) un sistema de detección meteorológica local denso y de gran precisión Sistema de comunicación; (4) un sistema avanzado de modelado y predicción de modificación del clima en áreas locales por computadora capacidad dentro del área de responsabilidad (AOR); (5) intervención de modificación del clima comprobada tecnologías; y (6) una capacidad de retroalimentación.

La Red Meteorológica Mundial

Se prevé que la GWN sea una expansión evolutiva de la actual red militar y civil mundial. Red de datos meteorológicos. Para 2025, será una red de comunicaciones de altísima velocidad y ancho de banda ampliado. Lleno de observaciones meteorológicas casi en tiempo real tomadas de una base mundial más densa y precisa. Red de observación resultante de sensores terrestres, aéreos, marítimos y espaciales altamente mejorados. La red También proporcionará acceso a centros de pronóstico en todo el mundo donde se pueden obtener pronósticos y datos sofisticados y personalizados. productos, generados a partir de modelos de predicción meteorológica (global, regional, local, especializado, etc.) basados en la Las últimas técnicas matemáticas no lineales se ponen a disposición de los clientes de GWN para su uso casi en tiempo real.

Machine Translated by Google

Para 2025, prevemos que los modelos de predicción meteorológica, en general, y la modificación del clima a mesoescala
Los modelos, en particular, podrán emular las variables productoras de todo tipo de clima, junto con sus interrelaciones.
dinámica, y demuestran una alta precisión en rigurosos ensayos de medición con datos empíricos. Los cerebros
De estos modelos habrá capacidades avanzadas de software y hardware que puedan ingerir rápidamente billones de
puntos de datos ambientales, fusionarlos en bases de datos utilizables, procesar los datos a través de la predicción meteorológica
modelos y difundir la información meteorológica a través de GWN casi en tiempo real.1 Esta red se representa
esquemáticamente en la figura 3-1.



Fuente: Microsoft Clipart Gallery 1995 con cortesía de Microsoft.

Figura 3-1. Red Meteorológica Mundial

La evidencia de la evolución de la capacidad de modelado y predicción del clima futuro, así como del GWN, se puede obtener
Se observa en el plan estratégico 1995-2005 de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA). Incluye
elementos del programa para "promover servicios de alerta y pronóstico a corto plazo, implementar estrategias estacionales e interanuales"
pronósticos climáticos y predecir y evaluar cambios decenales a centenarios"2; sin embargo, no incluye planes
para el modelado de modificación del clima o el desarrollo de tecnología de modificación. Los planes de la NOAA incluyen
programas de recopilación de datos extensos como el radar de próxima generación (NEXRAD) y el sistema meteorológico Doppler
sistemas de vigilancia desplegados en todo Estados Unidos. Los datos de estos sistemas de detección alimentan a más de 100
centros de pronóstico para su procesamiento por el Sistema Interactivo de Procesamiento Meteorológico Avanzado (AWIPS), que
Proporcionará capacidades de comunicación, procesamiento y visualización de datos para realizar pronósticos exhaustivos. Además,

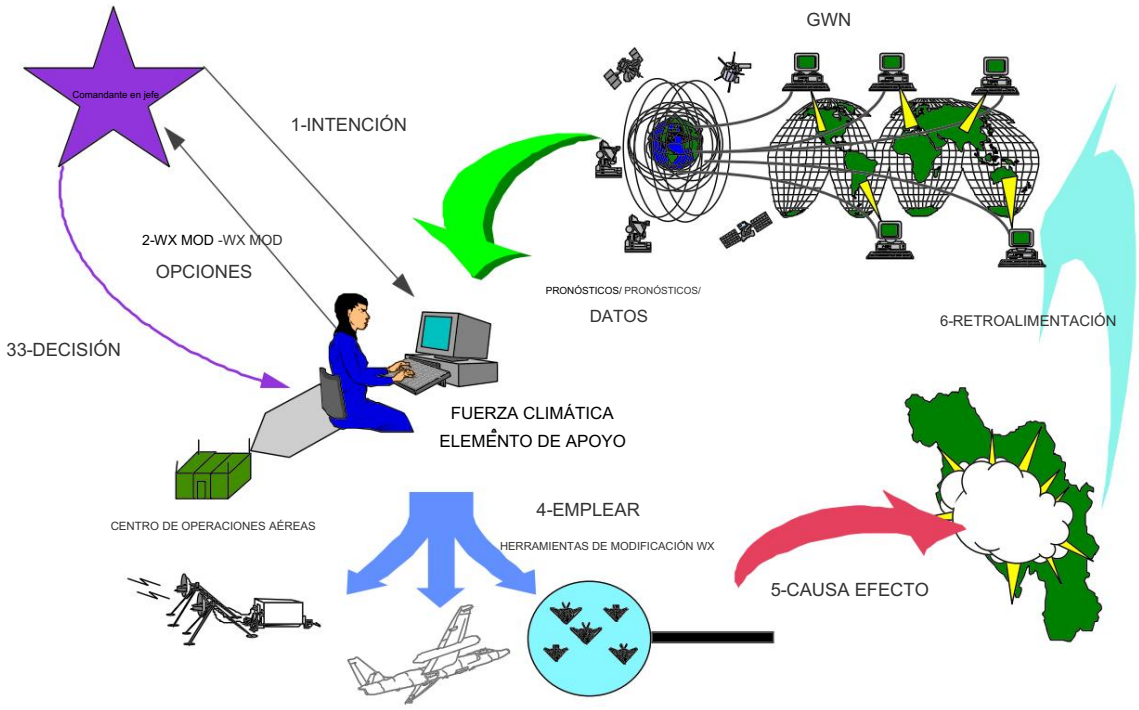
Machine Translated by Google

La NOAA ha alquilado una supercomputadora Cray C90 capaz de realizar más de 1,5 x 1010 operaciones por segundo que
Ya se ha utilizado para ejecutar un sistema de predicción de huracanes.3

Aplicación de la modificación del clima a las operaciones militares

¿Cómo gestionarán y emplearán los militares, en general, y la USAF, en particular, un sistema meteorológico?
¿Capacidad de modificación? Prevemos que esto lo realizará el elemento de apoyo de la fuerza meteorológica (WFSE).
cuya misión principal sería apoyar a los CINCs en combate con opciones de modificación del clima, en
Además del soporte actual para pronósticos. Aunque la WFSE podría operar en cualquier lugar siempre que tenga acceso
En cuanto al GWN y los componentes del sistema ya analizados, lo más probable es que sea un componente dentro del
AOC o su equivalente de 2025. Con la intención del CINC como guía, la WFSE formula...
Opciones de modificación utilizando información proporcionada por GWN, la red de datos meteorológicos locales y el sistema meteorológico.
Modelo de pronóstico de modificación. Las opciones incluyen rango de efecto, probabilidad de éxito y recursos disponibles.
Gastado, la vulnerabilidad del enemigo y los riesgos involucrados. El CINC elige un efecto basado en estas entradas,
y luego la WFSE implementa el curso elegido, seleccionando las herramientas de modificación adecuadas y empleándolas.
Para lograr el efecto deseado, los sensores detectan el cambio y envían datos sobre el nuevo patrón meteorológico a la
Sistema de modelado que actualiza su pronóstico en consecuencia. La WFSE verifica la eficacia de sus esfuerzos mediante
extrayendo las condiciones actuales actualizadas y los nuevos pronósticos de GWN y los datos meteorológicos locales
Red y planifica misiones de seguimiento según sea necesario. Este concepto se ilustra en la figura 3-2.

Machine Translated by Google



Fuente: Microsoft Clipart Gallery 1995 con cortesía de Microsoft.

Figura 3-2. El sistema militar para operaciones de modificación del clima.

El personal de WFSE deberá ser experto en sistemas de información y estar bien capacitado en las artes de ambos.
Guerra de información ofensiva y defensiva. También tendrían un profundo conocimiento de la GWN.
y una apreciación de cómo se podría emplear la modificación del clima para satisfacer las necesidades de un CINC.

Debido a la naturaleza de la red nodal de la GWN, este concepto sería muy flexible. Por ejemplo, una
El WFSE podría asignarse a cada teatro para brindar apoyo directo al comandante en jefe. El sistema también sería...
sobrevivible, con múltiples nodos conectados al GWN.

Producto de la era de la información, este sistema sería el más vulnerable a la guerra de información. Cada
WFSE necesitaría las capacidades de información defensiva y ofensiva más actualizadas disponibles. Defensiva
Las habilidades serían necesarias para la supervivencia. Las habilidades ofensivas podrían proporcionar opciones de suplantación para crear
El clima virtual en los sistemas sensoriales y de información del enemigo, lo que aumenta la probabilidad de que tomen medidas.
decisiones que produzcan resultados que nosotros elijamos, no los suyos. También permitiría la capacidad de enmascarar
o disfrazar nuestras actividades de modificación del clima.

Machine Translated by Google

Se necesitan dos tecnologías clave para fusionar un sistema integrado, completo, receptivo, preciso y Sistema eficaz de modificación del clima. Los avances en la ciencia del caos son cruciales para este esfuerzo. La clave para la viabilidad de un sistema de este tipo es la capacidad de modelar el extremadamente complejo sistema no lineal de el clima global de manera que se pueda predecir con precisión el resultado de los cambios en las variables influyentes. Los investigadores ya han controlado con éxito sistemas no lineales de una sola variable en el laboratorio y Plantean la hipótesis de que las técnicas matemáticas actuales y la capacidad informática podrían manejar sistemas con hasta cinco variables. Los avances en estas dos áreas harían posible afectar los patrones climáticos regionales al hacer pequeños y continuos empujoncitos a uno o más factores influyentes. Posiblemente, con suficiente tiempo de anticipación y la En condiciones adecuadas, podrías conseguir un clima "a la medida".4

El desarrollo de una verdadera capacidad de modificación del clima requerirá varias herramientas de intervención para ajustar el parámetros meteorológicos apropiados de manera predecible. Es esta área la que debe ser desarrollada por la militar en función de las capacidades específicas requeridas, como las que se enumeran en la tabla 1, la tabla 1 se encuentra en la Resumen ejecutivo. Dicho sistema contendría un conjunto de sensores y una red de datos del área de batalla localizada para... Proporcionan el nivel de resolución necesario para detectar los efectos de la intervención y proporcionar retroalimentación. Esta red incluiría sensores terrestres, aéreos, marítimos y espaciales, así como observaciones humanas para garantizar la la fiabilidad y la capacidad de respuesta del sistema, incluso ante contramedidas enemigas. También... incluyen herramientas y tecnologías de intervención específicas, algunas de las cuales ya existen y otras que deben implementarse. desarrollado. Algunas de estas herramientas propuestas se describen en el siguiente capítulo titulado Concepto de Operaciones. El proceso total de modificación del clima sería un ciclo en tiempo real de operaciones continuas y apropiadas. intervenciones medidas y retroalimentación capaces de producir el comportamiento climático deseado.

Notas

1 SPACECAST 2020, Soporte del clima espacial para las comunicaciones, libro blanco G (Maxwell AFB, Ala.: Air War College/ 2020, 1994).

2 Contralmirante Sigmund Petersen, “NOAA avanza hacia el siglo XXI”, The Military Engineer 20, n.° 571 (junio-julio de 1995): 44. 3 Ibíd. 4

William Brown, “Los matemáticos aprenden a dominar el caos”, New Scientist (30 de mayo de 1992): 16.

Machine Translated by Google

Capítulo 4

Concepto de Operaciones

El ingrediente esencial del sistema de modificación del clima es el conjunto de técnicas de intervención utilizadas para modificar el clima. El número de metodologías de intervención específicas está limitado únicamente por la imaginación. Pero con pocas excepciones, implican infundir energía o productos químicos en el proceso meteorológico. De la manera correcta, en el lugar y momento adecuados. La intervención podría diseñarse para modificar el clima de una manera varias formas, como influir en las nubes y las precipitaciones, la intensidad de las tormentas, el clima, el espacio o la niebla.

Precipitación

Durante siglos, el hombre ha deseado tener la capacidad de influir en las precipitaciones en el momento y lugar que elija. Hasta hace poco, el éxito en alcanzar este objetivo ha sido mínimo; sin embargo, puede surgir una nueva ventana de oportunidad. Existen como resultado del desarrollo de nuevas tecnologías y de un creciente interés mundial en aliviar el agua. escasez mediante el aumento de las precipitaciones. En consecuencia, recomendamos que el Departamento de Defensa explore las diversas oportunidades (y también las ramificaciones) que resultan del desarrollo de una capacidad para influir precipitación o realizar una “modificación selectiva de la precipitación”. Aunque la capacidad de influir La precipitación a largo plazo (es decir, durante más de varios días) aún no se comprende completamente. Para 2025... Seguramente será capaz de aumentar o disminuir las precipitaciones en el corto plazo en un área localizada.

Antes de analizar la investigación en esta área, es importante describir los beneficios de dicha capacidad. Si bien muchas operaciones militares pueden verse influenciadas por las precipitaciones, la movilidad terrestre es la más afectada. Influir en las precipitaciones podría resultar útil de dos maneras. En primer lugar, aumentar las precipitaciones podría reducir la

Machine Translated by Google

la transitabilidad del enemigo al enturbiar el terreno, lo que también afecta su moral. En segundo lugar, suprimir
Las precipitaciones podrían aumentar la transitabilidad al secar una zona que de otro modo estaría fangosa.

¿Cuál es la posibilidad de desarrollar esta capacidad y aplicarla a operaciones tácticas en 2025?

Más cerca de lo que uno podría pensar. Se han realizado investigaciones sobre la modificación de las precipitaciones durante muchos años, y
Un aspecto de la tecnología resultante se aplicó a las operaciones durante la Guerra de Vietnam.1 Estas
Los intentos proporcionan una base para un mayor desarrollo de una verdadera capacidad de precipitación selectiva.
modificación.

Curiosamente, el gobierno de Estados Unidos tomó la decisión consciente de dejar de construir sobre esta base.
Fundación. Como se mencionó anteriormente, los acuerdos internacionales han impedido que Estados Unidos investigue
Operaciones de modificación del clima que podrían tener efectos generalizados, duraderos o graves. Sin embargo,
Existen posibilidades (dentro de los límites de los tratados establecidos) para utilizar la precipitación localizada
modificación a corto plazo, con resultados limitados y potencialmente positivos.

Estas posibilidades se remontan a nuestra propia experimentación previa con la modificación de la precipitación. Como
Así lo afirma un artículo publicado en el Journal of Applied Meteorology:

> Casi todos los esfuerzos de modificación climática del último cuarto de siglo se han centrado en producir cambios a escala de nubes mediante el aprovechamiento de la diferencia de presión de vapor saturado entre el hielo y el agua. Esto no debe criticarse, pero es hora de que también consideremos la viabilidad de la modificación climática en otras escalas espacio-temporales y con
> otras hipótesis físicas.2

Este estudio de William M. Gray, et al., investigó la hipótesis de que “las influencias beneficiosas significativas
puede obtenerse mediante la explotación juiciosa del potencial de absorción solar del polvo de negro de carbón” .3
El estudio finalmente concluyó que esta tecnología podría usarse para mejorar las precipitaciones a mesoescala y generar cirros.
nubes y aumentan las nubes cumulonimbus (tormentas eléctricas) en áreas que por lo demás son secas.

La tecnología se puede describir de la siguiente manera. Así como un techo de alquitrán negro absorbe fácilmente la energía solar y...
Posteriormente irradia calor durante un día soleado, el negro de carbón también absorbe fácilmente la energía solar. Cuando
disperso en forma microscópica o de “polvo” en el aire sobre una gran masa de agua, el carbono se calienta y
Calienta el aire circundante, aumentando así la cantidad de evaporación de la masa de agua inferior. A medida que
El aire circundante se calienta, las parcelas de aire se elevarán y el vapor de agua contenido en la parcela de aire ascendente
Finalmente se condensan para formar nubes. Con el tiempo, las gotas de las nubes aumentan de tamaño a medida que aumenta la cantidad de agua.
El vapor se condensa y, con el tiempo, se vuelve demasiado grande y pesado para permanecer suspendido y caerá como lluvia o

Machine Translated by Google

otras formas de precipitación.4 El estudio señala que esta tecnología de mejora de la precipitación
funcionan mejor "a barlovento de las costas con flujo terrestre". Nieve por efecto lago a lo largo del borde sur de la
Los Grandes Lagos son un fenómeno natural basado en una dinámica similar.

¿Puede este tipo de tecnología de mejora de la precipitación tener aplicaciones militares? Sí, si se utilizan las técnicas adecuadas.
Existen condiciones. Por ejemplo, si tenemos la suerte de tener una masa de agua bastante grande disponible
A barlovento del campo de batalla objetivo, se podría colocar polvo de carbono en la atmósfera sobre esa agua.
Suponiendo que la dinámica sea favorable en la atmósfera, el aire saturado ascendente eventualmente formará nubes.
y chubascos a favor del viento sobre la tierra.5 Si bien la probabilidad de tener un cuerpo de agua ubicado a favor del viento
El panorama del campo de batalla es impredecible, pero la tecnología podría resultar enormemente útil en las condiciones adecuadas.
Sólo una mayor experimentación determinará hasta qué punto se puede controlar el aumento de las precipitaciones.

Si se desarrollan con éxito técnicas de mejora de las precipitaciones y se dan las condiciones naturales adecuadas,
existe, también debemos ser capaces de dispersar el polvo de carbono en la ubicación deseada. Transportarlo en un lugar completamente
De forma controlada, segura, rentable y fiable, se requiere innovación. Numerosas técnicas de dispersión
Ya se han estudiado, pero el método más conveniente, seguro y rentable que se ha analizado es el uso de
Motores a reacción con postcombustión para generar partículas de carbono mientras vuelan por el aire objetivo. Este método es...
Basado en la inyección de combustible de hidrocarburos líquidos en los gases de combustión del postquemador. Esta generación directa...
Se encontró que este método era más deseable que otro método plausible (es decir, el transporte de grandes cantidades de
polvo de carbón previamente producido y dimensionado adecuadamente a la altitud deseada).

El estudio del polvo de carbono demostró que es posible mejorar las precipitaciones a pequeña escala y ha sido...
verificado con éxito bajo ciertas condiciones atmosféricas. Desde que se realizó el estudio, no se ha conocido
Se han realizado aplicaciones militares de esta tecnología. Sin embargo, podemos postular cómo esta tecnología...
Podría utilizarse en el futuro examinando algunas de las plataformas de distribución posiblemente disponibles para una distribución eficaz.
Dispersión de polvo de carbono u otros agentes de modificación eficaces en el año 2025.

Un método que proponemos maximizaría aún más la seguridad y confiabilidad de la tecnología, virtualmente
eliminando el elemento humano. Hasta la fecha, se ha trabajado mucho en vehículos aéreos no tripulados que pueden acercarse (si no...
completamente) igualan las capacidades de los aviones pilotados. Si esta tecnología UAV se combinara con sigilo y
Tecnologías de polvo de carbono, el resultado podría ser un avión no tripulado invisible al radar mientras se dirige al objetivo.
área, que podría generar espontáneamente polvo de carbono en cualquier lugar. Sin embargo, minimizar el número de

Machine Translated by Google

Los vehículos aéreos no tripulados necesarios para completar la misión dependerían del desarrollo de un nuevo y más eficiente
Sistema para producir polvo de carbono mediante una tecnología posterior a los motores a reacción de tipo postcombustión que se usaban anteriormente.
mencionado. Para utilizar eficazmente la tecnología furtiva, este sistema también debe tener la capacidad de dispersarse.
polvo de carbono mientras minimiza (o elimina) la fuente de calor infrarrojo del UAV.

Además de utilizar vehículos aéreos no tripulados furtivos y tecnología de absorción de polvo de carbono para mejorar las precipitaciones,
Este método de suministro también podría utilizarse para la supresión de precipitaciones. Aunque lo mencionado anteriormente...
El estudio no exploró significativamente la posibilidad de sembrar nubes para suprimir las precipitaciones.
Existe la posibilidad. Si se sembraran nubes (utilizando núcleos químicos similares a los que se usan hoy en día o quizás un...
agente más eficaz descubierto a través de investigaciones continuas) antes de su llegada a favor del viento a un lugar deseado
ubicación, el resultado podría ser una supresión de la precipitación. En otras palabras, la precipitación podría ser "forzada".
caer antes de su llegada al territorio deseado, haciendo así que el territorio deseado quede “seco”. La estrategia y
Los beneficios operativos de hacer esto ya se han discutido anteriormente.

Niebla

En general, la disipación exitosa de la niebla requiere algún tipo de proceso de calentamiento o siembra. ¿Cuál?
La técnica funciona mejor según el tipo de niebla encontrada. En términos simples, hay dos tipos básicos de
Niebla: fría y cálida. La niebla fría se produce a temperaturas inferiores a 0 ° C. La técnica de disipación más conocida
Para la niebla fría se utiliza sembrarla desde el aire con agentes que promuevan el crecimiento de cristales de hielo.6

La niebla cálida se produce a temperaturas superiores a 32 ° F y es responsable del 90 por ciento de los problemas relacionados con la niebla.
que se encuentran en las operaciones de vuelo.7 La técnica de disipación más conocida es el calentamiento porque una pequeña
El aumento de temperatura suele ser suficiente para evaporar la niebla. Dado que la calefacción no suele ser práctica, el siguiente paso...
La técnica más eficaz es la siembra higroscópica.8 La siembra higroscópica utiliza agentes que absorben el vapor de agua.
Esta técnica es más efectiva cuando se realiza desde el aire, pero también se puede lograr desde el
Tierra.9 Los resultados óptimos requieren información anticipada sobre la profundidad de la niebla, el contenido de agua líquida y el viento.10

Décadas de investigación muestran que la disipación de la niebla es una aplicación eficaz de la modificación del clima.
tecnología con ahorros demostrados de enormes proporciones tanto para la aviación militar como para la civil.11 Local

Machine Translated by Google

Los municipios también han mostrado interés en aplicar estas técnicas para mejorar la seguridad de la alta velocidad.
Carreteras que transitan zonas donde frecuentemente hay niebla densa.12

Existen algunas tecnologías emergentes que pueden tener aplicaciones importantes para la dispersión de la niebla.
Como se mencionó anteriormente, el calentamiento es el método de dispersión más eficaz para el tipo de niebla más común.
Desafortunadamente, ha demostrado ser poco práctico para la mayoría de las situaciones y, en el mejor de los casos, sería difícil de implementar en caso de contingencia.
operaciones. Sin embargo, el desarrollo de tecnologías de energía radiante dirigida, como las microondas y
Los láseres podrían ofrecer nuevas posibilidades.

Experimentos de laboratorio han demostrado que las microondas son eficaces para disipar el calor de la niebla. Sin embargo,
Los resultados también indican que los niveles de energía requeridos exceden el límite de exposición de densidad de potencia grande de EE. UU. de 100
costoso.13 Los experimentos de campo con láseres han demostrado la capacidad de vatio/m2 y serían muy
Disipar la niebla cálida en un aeródromo con visibilidad nula. Generando 1 vatio/cm². , que es aproximadamente el tamaño de los Estados Unidos
Debido al gran límite de exposición a la densidad de potencia, el sistema aumentó la visibilidad a un cuarto de milla en 20 segundos.14
Los sistemas láser descritos en la sección de Operaciones Espaciales de este estudio AF 2025 ciertamente podrían proporcionar esto.
capacidad como uno de sus muchos usos posibles.

En lo que respecta a las técnicas de siembra, las mejoras en los materiales y los métodos de suministro no son sólo
Plausible, pero probable. Actualmente se están desarrollando materiales inteligentes basados en nanotecnología con gigaoperaciones.
Capacidad informática en su núcleo. Podrían ajustar su tamaño a las dimensiones óptimas para una siembra de niebla dada.
situación e incluso realizar ajustes a lo largo del proceso. También podrían mejorar su dispersión.
cualidades ajustando su flotabilidad, comunicándose entre sí y dirigiéndose hacia sí mismos.
la niebla. Podrán proporcionar retroalimentación inmediata y continua sobre la eficacia al integrarse con un
red de sensores más grande y también pueden cambiar su temperatura y polaridad para mejorar sus efectos de siembra.15
Como se mencionó anteriormente, los vehículos aéreos no tripulados podrían utilizarse para entregar y distribuir estos materiales inteligentes.

Experimentos recientes del laboratorio de investigación del ejército han demostrado la viabilidad de generar niebla. Utilizaron...
Equipo comercial para generar niebla espesa en un área de 100 metros de largo. Estudios posteriores han demostrado que la niebla es...
Es eficaz para bloquear gran parte del espectro UV/IR/visible, enmascarando eficazmente los emisores de dicha radiación.
Armas infrarrojas.16 Esta tecnología permitiría que una pequeña unidad militar evitara la detección en el espectro infrarrojo. Niebla
Podría generarse para ocultar rápidamente el movimiento de tanques o infantería, o podría ocultar información militar.

Machine Translated by Google

operaciones, instalaciones o equipos. Dichos sistemas también pueden ser útiles para inhibir la observación de objetos sensibles.
Operaciones de retaguardia mediante plataformas de reconocimiento electroóptico.17

Tormentas

La conveniencia de modificar las tormentas para apoyar objetivos militares es la estrategia más agresiva y
Un tipo controvertido de modificación climática. Los daños causados por las tormentas son realmente horrendos.
Por ejemplo, una tormenta tropical tiene una energía equivalente a 10.000 bombas de hidrógeno de un megatón,18 y en 1992
El huracán Andrew destruyó totalmente la Base de la Fuerza Aérea Homestead, Florida, y provocó la evacuación de la mayoría de los militares.
aviones en el sureste de Estados Unidos y provocaron daños por 15.500 millones de dólares.19 Sin embargo, como era de esperar
En función del nivel de energía de una tormenta, la literatura científica actual indica que existen límites físicos definidos
La capacidad de la humanidad para modificar los sistemas de tormentas. Al tener esto en cuenta, junto con factores políticos y ambientales,
Considerando consideraciones económicas, jurídicas y morales, limitaremos nuestro análisis de las tormentas a las tormentas eléctricas localizadas.
y por lo tanto no se consideran grandes sistemas de tormentas como huracanes o sistemas intensos de baja presión.

En cualquier instante se producen aproximadamente 2.000 tormentas eléctricas. De hecho, 45.000 tormentas eléctricas,
que contienen fuertes lluvias, granizo, microrráfagas, cizalladura del viento y relámpagos se forman diariamente.20 Cualquiera que haya volado
Con frecuencia en aviones comerciales probablemente haya notado los extremos a los que llegan los pilotos para evitar
tormentas eléctricas. El peligro de las tormentas eléctricas se demostró claramente en agosto de 1985 cuando un jumbo jet se estrelló.
matando a 137 personas después de encontrarse con microrráfagas de viento cortantes durante una ráfaga de lluvia.21 Estas fuerzas de la naturaleza
El impacto afecta a todos los aviones e incluso a los cazas más avanzados de 1996, que hacen todo lo posible para evitar una tormenta eléctrica.

¿Seguirá siendo el mal tiempo un peligro para la aviación en 2025? La respuesta, lamentablemente, es "sí", pero
Los avances tecnológicos proyectados para los próximos 30 años disminuirán el riesgo potencial.
Los sistemas de vuelo controlados podrán "pilotar automáticamente" las aeronaves a través de vientos rápidamente cambiantes. Las aeronaves...
También cuentan con sistemas de detección integrados de alta precisión que pueden “mapear” instantáneamente y guiar automáticamente
La aeronave atraviesa la parte más segura de una celda de tormenta. Se prevé que las aeronaves cuenten con electrónica reforzada.
que pueda soportar los efectos de los rayos y también pueda tener la capacidad de generar un entorno
campo electropotencial que neutralizará o repelerá los rayos.

Machine Translated by Google

Suponiendo que Estados Unidos logre algunos o todos los avances técnicos en materia de aeronaves descritos anteriormente y mantiene la “ventaja climática” tecnológica sobre sus adversarios potenciales, podemos ver a continuación cómo podríamos modificar el clima del espacio de batalla para aprovechar al máximo nuestra ventaja técnica.

Las tecnologías de modificación del clima podrían implicar técnicas que aumentarían la liberación de calor latente en la atmósfera, proporcionar vapor de agua adicional para el desarrollo de células nubosas y proporcionar superficie adicional y un menor calentamiento atmosférico para aumentar la inestabilidad atmosférica. Fundamental para el éxito de cualquier intento de El factor desencadenante de una célula de tormenta son las condiciones atmosféricas preexistentes a nivel local y regional. La atmósfera debe... Ya puede ser condicionalmente inestable y la dinámica a gran escala debe ser favorable para la nube vertical. desarrollo. El objetivo del esfuerzo de modificación del clima sería proporcionar "condiciones" adicionales que haría que la atmósfera fuera lo suficientemente inestable como para generar nubes y, eventualmente, el desarrollo de células de tormenta. La trayectoria de las células de tormenta una vez desarrolladas o mejoradas depende no solo de la dinámica de mesoescala de la tormenta pero los patrones de flujo de viento atmosférico a escala regional y sinóptica (global) en el área que actualmente no sujeto al control humano.

Como se ha indicado, los obstáculos técnicos para el desarrollo de tormentas en apoyo de operaciones militares son Obviamente mayor que el aumento de la precipitación o la dispersión de la niebla como se describió anteriormente. Un área de tormenta La investigación que beneficiaría significativamente las operaciones militares es la modificación de rayos. La mayoría de los esfuerzos de investigación... Se están realizando estudios para desarrollar técnicas que permitan reducir la incidencia o los peligros asociados a los rayos. Esta es una investigación importante para las operaciones militares y la protección de recursos, pero algunos beneficios militares ofensivos Podría obtenerse investigando el aumento del potencial y la intensidad de los rayos. Conceptos para Las exploraciones incluyen aumentar la eficiencia básica de la tormenta, estimulando el mecanismo desencadenante que inicia el rayo y desencadena un rayo como el que cayó sobre el Apolo 12 en 1968.22 Posible Los mecanismos a investigar serían formas de modificar las características electropotenciales sobre ciertos objetivos para provocar la caída de rayos sobre los objetivos deseados a medida que la tormenta pasa sobre su ubicación.

En resumen, la capacidad de modificar el clima del espacio de batalla mediante la activación o mejora de las células de tormenta. nos permitiría explotar los avances tecnológicos “meteorológicos” de nuestros aviones de 2025; este ámbito tiene tiene un enorme potencial y debería ser abordado en futuros programas de investigación y desarrollo de conceptos.

Machine Translated by Google

Explotación del “NearSpace” para el control espacial

En esta sección se analizan las oportunidades de control y modificación de la ionosfera y el espacio cercano.
entorno para mejorar la fuerza; específicamente para mejorar nuestras propias comunicaciones, detección y navegación
capacidades y/o perjudicar las de nuestro enemigo. Una breve descripción técnica de la ionosfera y sus
En el apéndice A se proporciona una descripción de su importancia en los sistemas de comunicaciones actuales.

Para 2025, podría ser posible modificar la ionosfera y el espacio cercano, creando una variedad de potenciales
aplicaciones, como se analiza a continuación. Sin embargo, antes de que la modificación ionosférica sea posible, se requieren varias
Se necesitan avances evolutivos en la predicción y observación del clima espacial. Muchas de estas necesidades fueron...
se describe en un estudio de Spacecast 2020, Space Weather Support for Communications.23 Algunos de los
Las sugerencias de este estudio se incluyen en el apéndice B; es importante destacar que nuestra capacidad para explotar cerca
El espacio mediante modificación activa depende de lograr con éxito una observación y predicción fiables.
capacidades.

Oportunidades que ofrece la modificación del clima espacial

La modificación del entorno del espacio cercano es crucial para el dominio del espacio de batalla. General Charles
Horner, ex comandante en jefe del comando espacial de Estados Unidos, describió su peor pesadilla como “ver
Un batallón entero de marines fue aniquilado en alguna zona de desembarco extranjera porque no pudo negarle el paso al enemigo.
inteligencia e imágenes generadas desde el espacio”.24 La modificación activa podría proporcionar una “solución tecnológica”
para interferir los sistemas de vigilancia y reconocimiento activos y pasivos del enemigo. En resumen, un operativo
La capacidad de modificar el entorno del espacio cercano garantizaría la superioridad espacial en 2025; esta capacidad
Nos permitiría dar forma y controlar el espacio de batalla mediante una mejor comunicación, detección y navegación.
y sistemas de enganche de precisión.

Si bien reconocemos que los avances tecnológicos pueden negar la importancia de ciertas señales electromagnéticas,
frecuencias para las fuerzas aeroespaciales de EE. UU. en 2025 (como radiofrecuencia (RF), alta frecuencia (HF) y muy
bandas de alta frecuencia (VHF)), las capacidades descritas a continuación son, no obstante, relevantes. Nuestras

Machine Translated by Google

Lo más probable es que los adversarios sigan dependiendo de dichas frecuencias para las comunicaciones, la detección y la navegación.
y por lo tanto serían extremadamente vulnerables a las perturbaciones provocadas por la modificación del clima espacial.

Dominio de las comunicaciones mediante modificación ionosférica

La modificación de la ionosfera para mejorar o interrumpir las comunicaciones se ha convertido recientemente en tema de debate.
Investigación activa. Según Lewis M. Duncan y Robert L. Showen, la ex Unión Soviética (FSU)
Se han llevado a cabo investigaciones teóricas y experimentales en este ámbito a un nivel considerablemente superior al de los comparables.
programas en Occidente.25 Hay una fuerte motivación para esta investigación, porque

> Las modificaciones ionosféricas inducidas pueden influir, o incluso interrumpir, el funcionamiento de los sistemas de radio que dependen de la propagación a través de la región modificada. La generación controlada o la disipación acelerada de perturbaciones ionosféricas puede utilizarse para producir nuevas...
> Trayectorias de propagación, que de otro modo no estarían disponibles, apropiadas para misiones de RF seleccionadas.26

Se han explorado o propuesto varios métodos para modificar la ionosfera, incluida la inyección de
vapores químicos y calentamiento o carga mediante radiación electromagnética o haces de partículas (como iones,
partículas neutras, rayos X, partículas MeV y electrones energéticos).27 Es importante señalar que muchos
Se han demostrado experimentalmente con éxito técnicas para modificar la atmósfera superior.
Las técnicas de modificación basadas en calor empleadas por la FSU incluyen calentamiento por alta frecuencia vertical, calentamiento por alta frecuencia oblicuo,
calentamiento por microondas y modificación magnetosférica.28 Aplicaciones militares significativas de tales operaciones
Incluyen la producción de comunicaciones de baja frecuencia (LF), comunicaciones canalizadas de HF y la creación de una
ionosfera artificial (que se analiza en detalle más adelante). Además, los países en desarrollo también reconocen el beneficio
de modificación ionosférica: “a principios de la década de 1980, Brasil realizó un experimento para modificar la ionosfera
“por inyección química.”29

Varias capacidades de alto rendimiento que podrían resultar de la modificación de la ionosfera o del espacio cercano
se describen brevemente a continuación. Cabe destacar que esta lista no es exhaustiva; la modificación de la
La ionosfera es un área rica en aplicaciones potenciales y probablemente también existan aplicaciones derivadas que tengan
Aún por imaginar.

Espejos ionosféricos para comunicaciones puntuales o transmisión de radar sobre el horizonte (OTH).
Las propiedades y limitaciones de la ionosfera como medio reflector de la radiación de alta frecuencia son

Machine Translated by Google

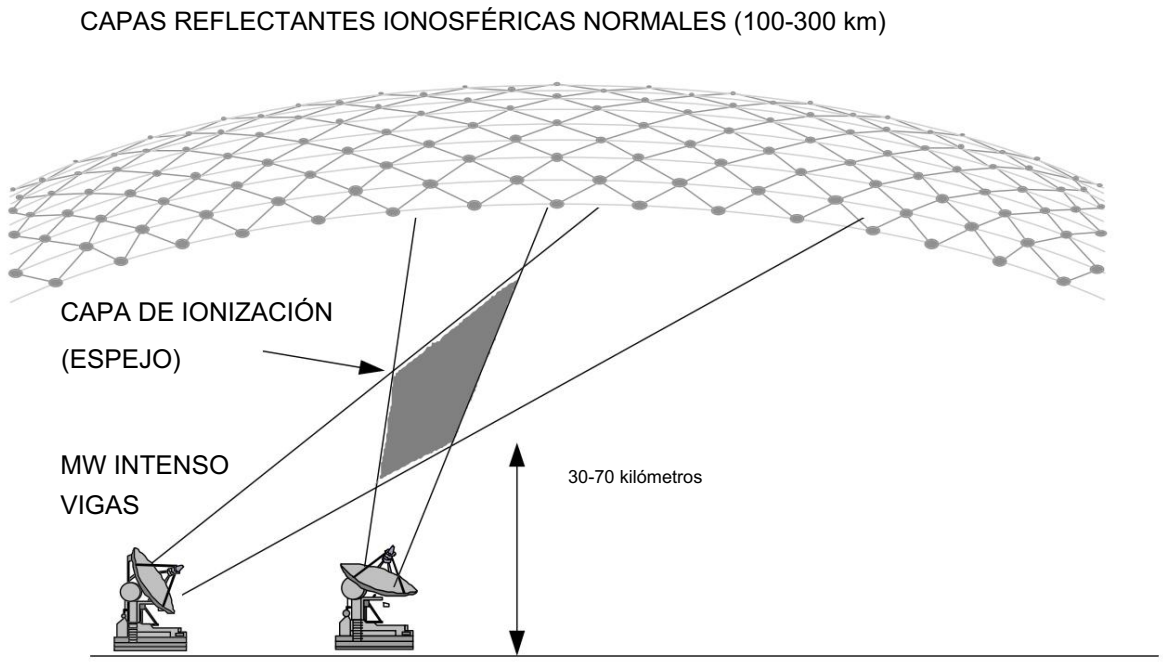
se describe en el apéndice A. La principal desventaja de depender de la ionosfera para reflejar las ondas de radio es su variabilidad, que se debe al clima espacial normal y a eventos como erupciones solares y tormentas geomagnéticas. La ionosfera se ha descrito como una hoja arrugada de papel encerado cuya posición relativa sube y baja. Dependiendo de las condiciones climáticas, la topografía de la superficie del papel arrugado también cambia constantemente. lo que provoca variabilidad en sus propiedades reflectantes, refractivas y transmisivas.

La creación de una ionosfera uniforme artificial fue propuesta por primera vez por el investigador soviético AV Gurevich en mediados de la década de 1970. Un espejo ionosférico artificial (AIM) serviría como un espejo preciso para la radiación electromagnética. Radiación de una frecuencia seleccionada o un rango de frecuencias. Por lo tanto, sería útil para determinar con precisión control de las comunicaciones amigas e interceptación de las transmisiones enemigas.

Este concepto ha sido descrito en detalle por Paul A. Kossey, et al. en un artículo titulado “Artificial Espejos ionosféricos (AIM).”30 Los autores describen cómo se podría controlar con precisión la ubicación y la altura de la región de ionización producida artificialmente utilizando haces de microondas (MW) cruzados, que producen Descomposición atmosférica (ionización) de especies neutras. Las implicaciones de dicho control son enormes: una Ya no estarían sujetos a los caprichos de la ionosfera natural, sino que tendrían control directo de El entorno de propagación. Idealmente, el AIM podría crearse rápidamente y luego mantenerse solo por un breve período operativo. Se presenta un esquema que representa el enfoque de viga cruzada para la generación de un AIM. se muestra en la figura 4-1.31

Un AIM podría teóricamente reflejar ondas de radio con frecuencias de hasta 2 GHz, lo que equivale a casi dos órdenes de magnitud superiores a las ondas reflejadas por la ionosfera natural. La potencia del radiador de MW Los requisitos para un sistema de este tipo son aproximadamente un orden de magnitud mayores que los de los sistemas de última generación de 1992; Sin embargo, se espera que para el año 2025 dicha capacidad energética sea fácilmente alcanzable.

Machine Translated by Google

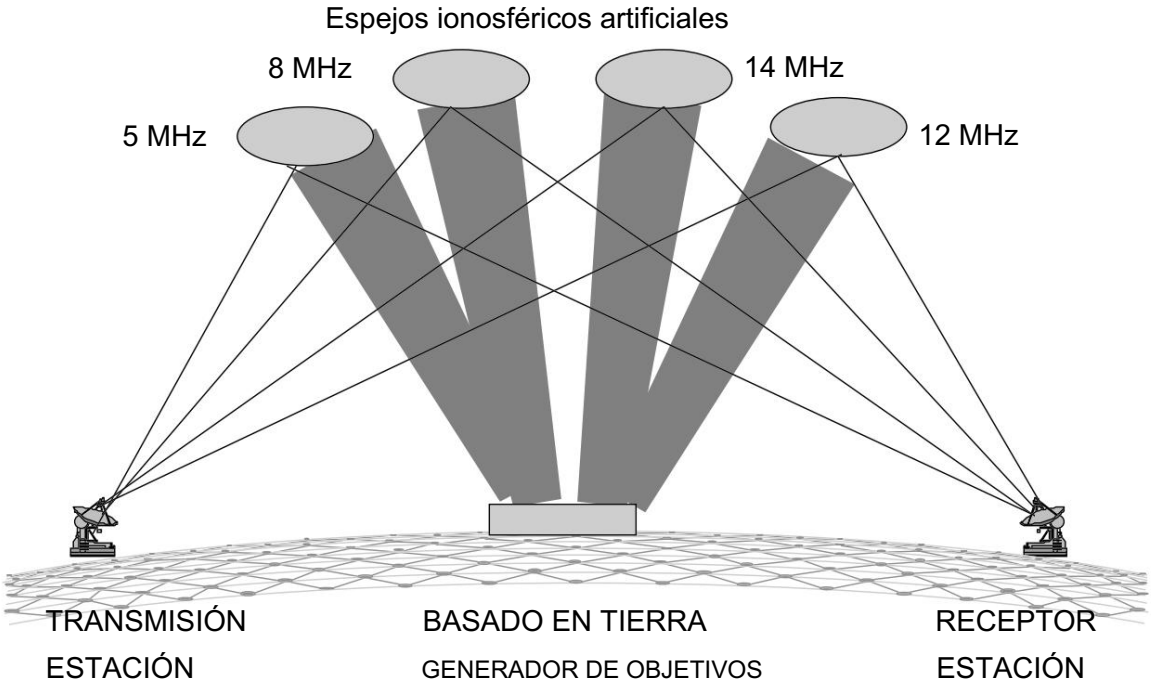


Fuente: Microsoft Clipart Gallery 1995 con cortesía de Microsoft.

Figura 4-1. Enfoque de haz cruzado para generar un espejo ionosférico artificial

Además de proporcionar un control preciso de las comunicaciones y una posible capacidad de interceptación, esta tecnología También proporcionaría capacidad de comunicación en frecuencias específicas, según se desee. La Figura 4-2 muestra cómo un Un radiador terrestre podría generar una serie de AIM, cada uno de los cuales estaría diseñado para reflejar un objetivo seleccionado. frecuencia de transmisión. Tal arreglo ampliaría enormemente el ancho de banda disponible para comunicaciones y también eliminan el problema de interferencias y diafonía (al permitir el uso de la nivel de potencia requerido).

Machine Translated by Google



Fuente: Microsoft Clipart Gallery 1995 con cortesía de Microsoft.

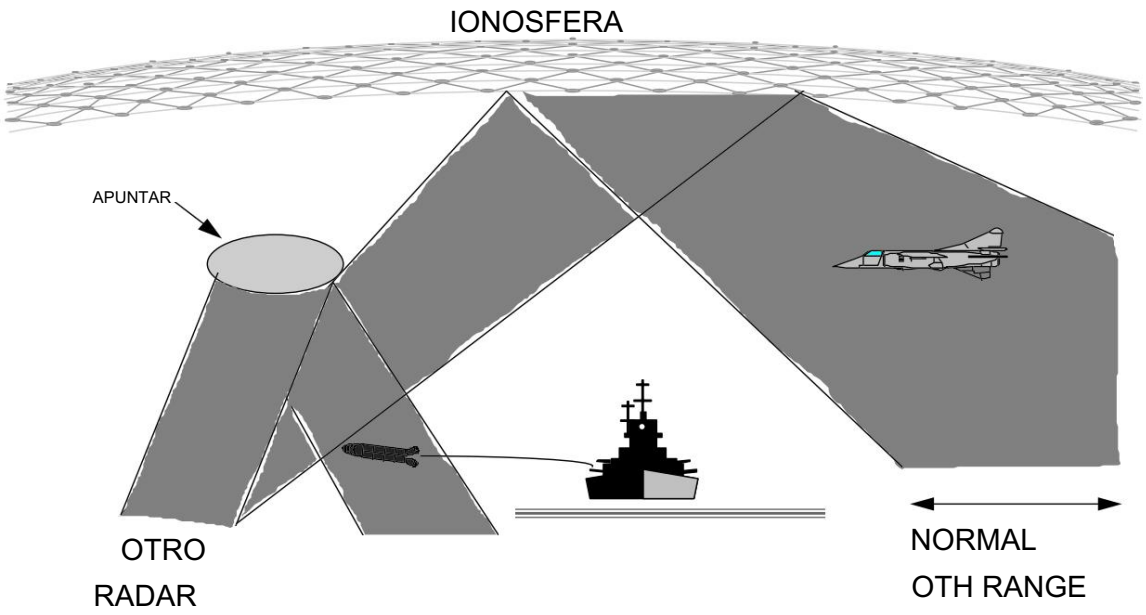
Figura 4-2. Comunicaciones punto a punto mediante espejos ionosféricos artificiales

Kossey et al. también describen cómo se podrían utilizar los AIM para mejorar la capacidad del radar OTH:

> El radar basado en AIM podría operar a una frecuencia elegida para optimizar la detección del objetivo, en lugar de estar limitado por las condiciones ionosféricas predominantes. Esto, combinado con la posibilidad de controlar la polarización de la onda del radar para mitigar los efectos de interferencia, podría... dar lugar a una detección fiable de misiles de crucero y otros objetivos de baja observabilidad.32

En la figura 4-3 se muestra un esquema que representa este concepto. Ventajas potenciales sobre el OTH convencional Los radares incluyen control de frecuencia, mitigación de efectos aurorales, operación de corto alcance y detección de un objetivo de sección transversal más pequeña.

Machine Translated by Google



Fuente: Microsoft Clipart Gallery 1995 con cortesía de Microsoft.

Figura 4-3. Concepto de vigilancia sobre el horizonte con espejo ionosférico artificial.

Interrupción de las comunicaciones y el radar mediante el control ionosférico. Una variación de la capacidad

Lo propuesto anteriormente es una modificación ionosférica para interrumpir la comunicación o las transmisiones de radar de un enemigo.

Debido a que las comunicaciones HF están controladas directamente por las propiedades de la ionosfera, se crea artificialmente una

La región de ionización podría posiblemente interrumpir las transmisiones electromagnéticas de un enemigo. Incluso en ausencia

de un parche de ionización artificial, la modificación de alta frecuencia produce variaciones ionosféricas a gran escala

que alteran las características de propagación de HF. El resultado de la investigación dirigida a comprender cómo controlar

Estas variaciones podrían ser altas ya que es posible tanto la mejora como la degradación de la comunicación HF.

Una interferencia ofensiva de este tipo probablemente sería indistinguible del clima espacial natural.

Esta capacidad también podría emplearse para localizar con precisión la fuente de ondas electromagnéticas enemigas.

transmisiones.

Las comunicaciones por satélite VHF, UHF y de frecuencia súper alta (SHF) podrían verse interrumpidas por la creación

Centelleo ionosférico artificial. Este fenómeno provoca fluctuaciones en la fase y amplitud de las ondas de radio.

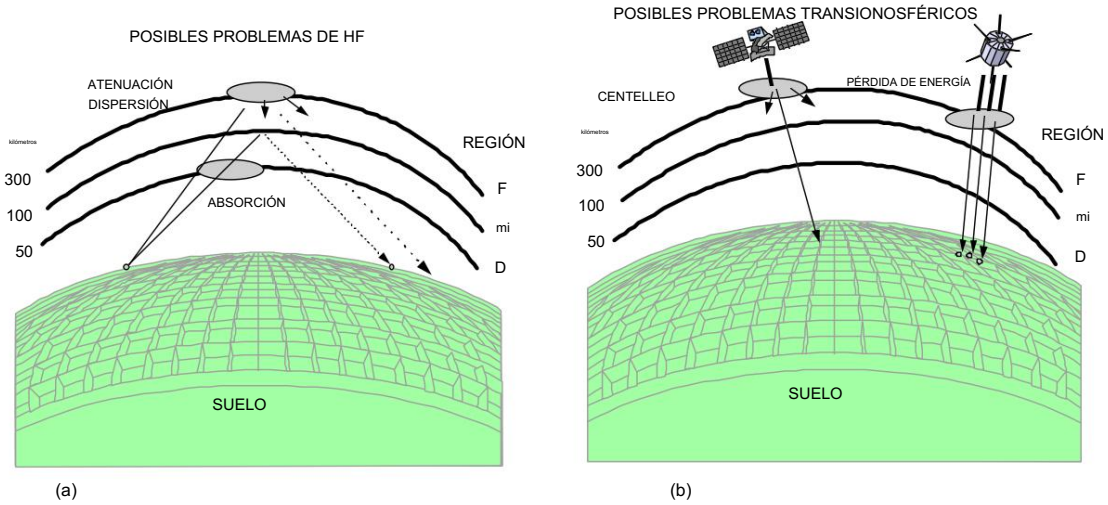
Ondas en una banda muy amplia (30 MHz a 30 GHz). La modificación de alta frecuencia produce irregularidades en la densidad electrónica.

que causan centelleo en un amplio rango de frecuencias. El tamaño de las irregularidades determina qué

La banda de frecuencia se verá afectada. Comprender cómo controlar el espectro de las irregularidades artificiales.

Machine Translated by Google

generada en el proceso de modificación de HF debería ser un objetivo principal de la investigación en esta área. Además,
Puede ser posible suprimir el crecimiento de irregularidades naturales que resulten en niveles reducidos de
Centelleo. La creación de centelleo artificial nos permitiría interrumpir las transmisiones satelitales en áreas seleccionadas.
regiones. Al igual que la interrupción de HF descrita anteriormente, tales acciones probablemente serían indistinguibles de
eventos ambientales naturales. La Figura 4-4 muestra cómo se podrían utilizar regiones ionizadas artificialmente para
interrumpir las comunicaciones HF por atenuación, dispersión o absorción (fig. 4.4a) o degradar la señal del satélite
comunicaciones mediante centelleo o pérdida de energía (fig. 4-4b) (de la Ref. 25).



Fuente: Microsoft Clipart Gallery 1995 con cortesía de Microsoft.

Figura 4-4. Escenarios de degradación de las telecomunicaciones

Explotar o inutilizar activos espaciales que atraviesan el espacio cercano. La ionosfera podría ser potencialmente...
Cargado artificialmente o inyectado con radiación en un punto determinado de modo que se vuelve inhóspito para los satélites o
otras estructuras espaciales. El resultado podría variar desde la desactivación temporal del objetivo hasta su destrucción completa.
destrucción mediante una explosión inducida. Por supuesto, el empleo eficaz de dicha capacidad depende de la
capacidad de aplicarlo selectivamente a regiones elegidas en el espacio.

Carga de activos espaciales mediante transferencia de energía en el espacio cercano. En contraste con la capacidad lesiva descrita
Arriba, las regiones de la ionosfera podrían potencialmente modificarse o usarse tal como están para revitalizar los activos espaciales, por ejemplo.
Por ejemplo, cargando sus sistemas de energía. La carga natural de la ionosfera puede servir para proporcionar la mayor parte o
toda la energía que entra al satélite. En la última década se han publicado varios artículos sobre energía eléctrica.

Machine Translated by Google

carga de vehículos espaciales; sin embargo, según un autor, “a pesar del importante esfuerzo realizado en la
Tanto en el campo teórico como en el experimental, el problema de la carga de vehículos está lejos de resolverse por completo.
entendido.”33 Si bien el desafío técnico es considerable, el potencial de aprovechar la energía electrostática para
El combustible para las células de energía del satélite tendría una alta rentabilidad, permitiendo extender la vida útil de los activos espaciales a un
Costo relativamente bajo. Además, se aprovecha la capacidad de las potentes ondas de radio de alta frecuencia para acelerar
Los electrones a energías relativamente altas también pueden facilitar la degradación de los activos espaciales enemigos a través de
Bombardeo dirigido con haces de electrones inducidos por HF. Al igual que con la comunicación artificial por HF.
disrupciones y centelleo inducido, la degradación de las naves espaciales enemigas con tales técnicas sería
Efectivamente indistinguibles de los efectos del entorno natural. La investigación y optimización de la HF
Los mecanismos de aceleración tanto para fines amistosos como hostiles son un área importante para futuras investigaciones.
esfuerzos.

Clima artificial

Si bien la mayoría de los esfuerzos de modificación del clima dependen de la existencia de ciertas condiciones preexistentes, puede
Sería posible producir algunos efectos meteorológicos artificialmente, independientemente de las condiciones preexistentes. Por ejemplo,
El clima virtual podría crearse influyendo en la información meteorológica recibida por un usuario final. Su
La percepción de valores de parámetros o imágenes de sistemas de información meteorológica globales o locales
difieren de la realidad. Esta diferencia de percepción llevaría al usuario final a realizar operaciones degradadas.
decisiones.

La nanotecnología también ofrece posibilidades para crear condiciones meteorológicas simuladas. Una nube, o varias nubes, de
Partículas microscópicas de computadora, todas comunicándose entre sí y con un sistema de control más grande, podrían
Proporcionan una enorme capacidad. Interconectados, con flotabilidad atmosférica y con capacidad de navegación en
En tres dimensiones, estas nubes podrían diseñarse para tener una amplia gama de propiedades. Podrían ser exclusivamente...
bloquear los sensores ópticos o podrían ajustarse para volverse impermeables a otros métodos de vigilancia. También podrían
proporcionar una diferencia de potencial eléctrico atmosférico, que de otro modo no existiría, para lograr con precisión
Rayos dirigidos y sincronizados. Incluso si la potencia alcanzada no fuera suficiente para ser un impacto efectivo.
Arma, el potencial para operaciones psicológicas en muchas situaciones podría ser fantástico.

Machine Translated by Google

Una de las principales ventajas de usar el clima simulado para lograr un efecto deseado es que, a diferencia de otros enfoques, hace que lo que de otro modo serían resultados de acciones deliberadas parezcan ser las consecuencias de Fenómenos meteorológicos naturales. Además, es potencialmente relativamente económico de realizar. Según J. Storrs Hall, un científico de la Universidad de Rutgers que realiza investigaciones sobre nanotecnología, los costos de producción de estos Las nanopartículas podrían tener aproximadamente el mismo precio por libra que las papas.34 Esto, por supuesto, descarta la investigación y Los costos de desarrollo, que serán asumidos principalmente por el sector privado y se considerarán un costo hundido. 2025 y probablemente antes.

Resumen del concepto de operaciones

El clima afecta todo lo que hacemos, y la modificación del clima puede mejorar nuestra capacidad de dominar el Entorno aeroespacial. Proporciona al comandante herramientas para configurar el espacio de batalla. Proporciona herramientas al logista. para optimizar el proceso. Ofrece a los guerreros en la cabina un entorno operativo literalmente diseñado a su medida. necesidades. Algunas de las capacidades potenciales que un sistema de modificación del clima podría proporcionar a un combate de guerra Los CINC se resumen en la tabla 1, del resumen ejecutivo).

Notas

[1] Un programa piloto conocido como Proyecto Popeye, llevado a cabo en 1966, intentó extender la temporada de monzones para aumentar la cantidad de lodo en la ruta Ho Chi Minh, reduciendo así los movimientos enemigos. Un agente de núcleos de yoduro de plata se dispersó desde aviones WC-130, F4 y A-1E hacia las nubes sobre tramos de la ruta que serpenteaba desde Vietnam del Norte, a través de Laos y Camboya, hasta Vietnam del Sur. Los resultados positivos durante este programa inicial llevaron a la continuación de las operaciones de 1967 a 1972. Si bien los efectos de este programa siguen siendo controvertidos, algunos científicos creen que resultó en una reducción significativa de la capacidad del enemigo para llevar suministros a Vietnam del Sur a lo largo de la ruta. E. M. Frisby, “Modificación del clima en el Sudeste Asiático, 1966-1972”, The Journal of Weather-modification 14, n.º 1 (abril de 1982): 1-3.

[2] William M. Gray et al., “Modificación del clima mediante la absorción de polvo de carbono de la energía solar”, Revista de Meteorología Aplicada 15 (abril de 1976): 355. 3 Ibíd. 4 Ibíd.

[5] Ibíd., 367. 6

AWS PLAN 813 Apéndice I Anexo Alfa (Scott AFB, Ill.: Servicio Meteorológico Aéreo/(MAC) 14 de enero de 1972), 11. En adelante citado como Anexo Alfa.

[7] Capitán Frank G. Coons, “Dispersión de niebla cálida: una historia diferente”, Aerospace Safety 25, n.º 10 (Octubre de 1969): 16. 8

Anexo Alfa, 14.

Machine Translated by Google

[9] Warren C. Kocmond, “Disipación de la niebla natural en la atmósfera”, Avances de la investigación de la NASA sobre las propiedades de la niebla cálida y los conceptos de modificación, NASA SP-212 (Washington, DC: Scientific and División de Información Técnica de la Oficina de Utilización de Tecnología de la Aeronáutica y del Espacio Administración Espacial, 1969), 74.

[10] James E. Jiusto, “Algunos principios de modificación de la niebla con núcleos higrosópicos”, Progress of NASA Investigación sobre las propiedades de la niebla cálida y conceptos de modificación, NASA SP-212 (Washington, DC: División de Información Científica y Técnica de la Oficina de Utilización de Tecnología de la Administración de Aeronáutica y del Espacio, 1969), 37.

[11] Maj Roy Dwyer, Categoría III o dispersión de niebla, MU 35582-7 D993a c.1 (Maxwell AFB, Alabama: Aire University Press, mayo de 1972), 51.

[12] James McLare, Pulp & Paper 68, no. 8 (agosto de 1994): 79.

[13] Milton M. Klein, Un estudio de viabilidad del uso de energía radiante para la dispersión de niebla, Resumen (Base Aérea Hanscom, Mass.: Comando de Material de la Fuerza Aérea, octubre de 1978).

[14] Edward M. Tomlinson, Kenneth C. Young y Duane D. Smith, Aplicaciones de la tecnología láser para Disipación de niebla cálida en aeródromos, PL-TR-92-2087 (Hanscom AFB, Mass.: Material de la Fuerza Aérea) Comando, 1992).

[15] J. Storrs Hall, “Descripción general de la nanotecnología”, adaptado de los artículos de Ralph C. Merkle y K. Eric Drexler, Dirección de Internet: http://nanotech.rutgers.edu/nanotech-/intro.html, Universidad Rutgers, noviembre 1995.

[16] Robert A. Sutherland, “Resultados del experimento de niebla artificial”, Actas del Campo de Batalla de 1991 Conferencia sobre atmósferas (Fort Bliss, Texas: Hinman Hall, 3–6 de diciembre de 1991).

[17] Christopher Centner et al., “Guerra ambiental: implicaciones para los responsables de las políticas y la guerra” Planificadores” (Maxwell AFB, Ala.: Air Command and Staff College, mayo de 1995), 39.

[18] Louis J. Battan, Cosechando las nubes (Garden City, NY: Doubleday & Co., 1960), 120.

[19] Hechos en el expediente 55, no. 2866 (2 de noviembre de 1995).

[20] Gene S. Stuart, “Torbellinos y rayos”, Nature on the Rampage (Washington, DC: Sociedad Geográfica Nacional, 1986), 130.

[21] Ibíd., 140.

[22] Heinz W. Kasemir, “Supresión de rayos mediante siembra de paja y rayos desencadenados”, en Wilmot N. Hess, ed., Modificación del clima y el tiempo (Nueva York: John Wiley & Sons, 1974), 623–628.

[23] SPACECAST 2020, Apoyo del clima espacial para las comunicaciones, libro blanco G, (Base de la Fuerza Aérea Maxwell, Alabama: Air War College/2020, 1994).

[24] General Charles Horner, “El espacio visto como un desafío, la última frontera militar”, Defense Issues, (Declaración preparada ante el Comité de Servicios Armados del Senado), 22 de abril de 1993, 7.

[25] Lewis M. Duncan y Robert L. Showen, “Revisión de la investigación soviética sobre modificación ionosférica”, en Modificación ionosférica y su potencial para mejorar o degradar el desempeño militar Sistemas, (Actas de la Conferencia AGARD 485, octubre de 1990), 2-1.

[26] Ibíd.

[27] Peter M. Banks, “Descripción general de la modificación ionosférica desde plataformas espaciales”, en Ionospheric Modificación y su potencial para mejorar o degradar el rendimiento de los sistemas militares (AGARD) Actas de la conferencia 485, octubre de 1990) 19-1.

[28] Capitán Mike Johnson, Investigación y modificación de la atmósfera superior, antigua Unión Soviética (U), DST-18205-475-92 (Centro de Ciencia y Tecnología Aeroespacial Extranjera, Comando de Inteligencia de la Fuerza Aérea, 24 Septiembre de 1992), 3. (Secreto) La información extraída no está clasificada.

[29] Capitán Edward E. Hume, Jr., Programas de Investigación Ambiental Atmosférica y Espacial en Brasil (U) (Centro de Ciencia y Tecnología Aeroespacial Extranjera, Comando de Inteligencia de la Fuerza Aérea, marzo de 1993), 12. (Secreto) La información extraída no está clasificada.

Machine Translated by Google

[30] Paul A. Kossey et al. “Espejos ionosféricos artificiales (AIM)”, en Modificación ionosférica y su Potencial para mejorar o degradar el rendimiento de los sistemas militares (Actas de la Conferencia AGARD) 485, octubre de 1990), 17A-1. [31] Ibíd., 17A-7.

[32] Ibíd., 17A-10.

[33] BN Maehlum y J. Troim, “Carga de vehículos en plasmas de baja densidad”, en Ionospheric Modificación y su potencial para mejorar o degradar el rendimiento de los sistemas militares (AGARD) Actas de la conferencia 485, octubre de 1990), 24-1. [34] Hall.

Machine Translated by Google

Capítulo 5

Recomendaciones de la investigación

¿Cómo llegamos allí desde aquí?

Para apreciar plenamente el desarrollo de las capacidades operativas específicas de modificación del clima
Podríamos entregarle al combatiente de guerra, debemos examinar y comprender su relación con el núcleo asociado.
competencias y el desarrollo de las tecnologías necesarias. La Figura 5-1 combina las
Las capacidades operativas de la Tabla 1 se dividen en seis capacidades principales y se describe su importancia relativa a lo largo del tiempo.
Por ejemplo, la modificación de la niebla y las nubes es importante actualmente y seguirá siéndolo durante algún tiempo.
Ocultar nuestros activos de la vigilancia o mejorar la visibilidad de aterrizaje en los aeródromos. Sin embargo, como la vigilancia...
Los activos se vuelven menos dependientes de la óptica y las aeronaves logran una capacidad de aterrizaje verdaderamente global en todo tipo de clima, niebla
y las aplicaciones de modificación de la nube se vuelven menos importantes.

En cambio, las tecnologías meteorológicas artificiales no existen actualmente. Pero a medida que se desarrollan,
La importancia de sus posibles aplicaciones aumenta rápidamente. Por ejemplo, la proliferación prevista de
Las tecnologías de vigilancia del futuro harán que la capacidad de negar la vigilancia sea cada vez más valiosa. En
En un entorno como ese, las nubes formadas por partículas inteligentes, como las descritas en el capítulo 4, podrían proporcionar una ventaja
capacidad.

Machine Translated by Google

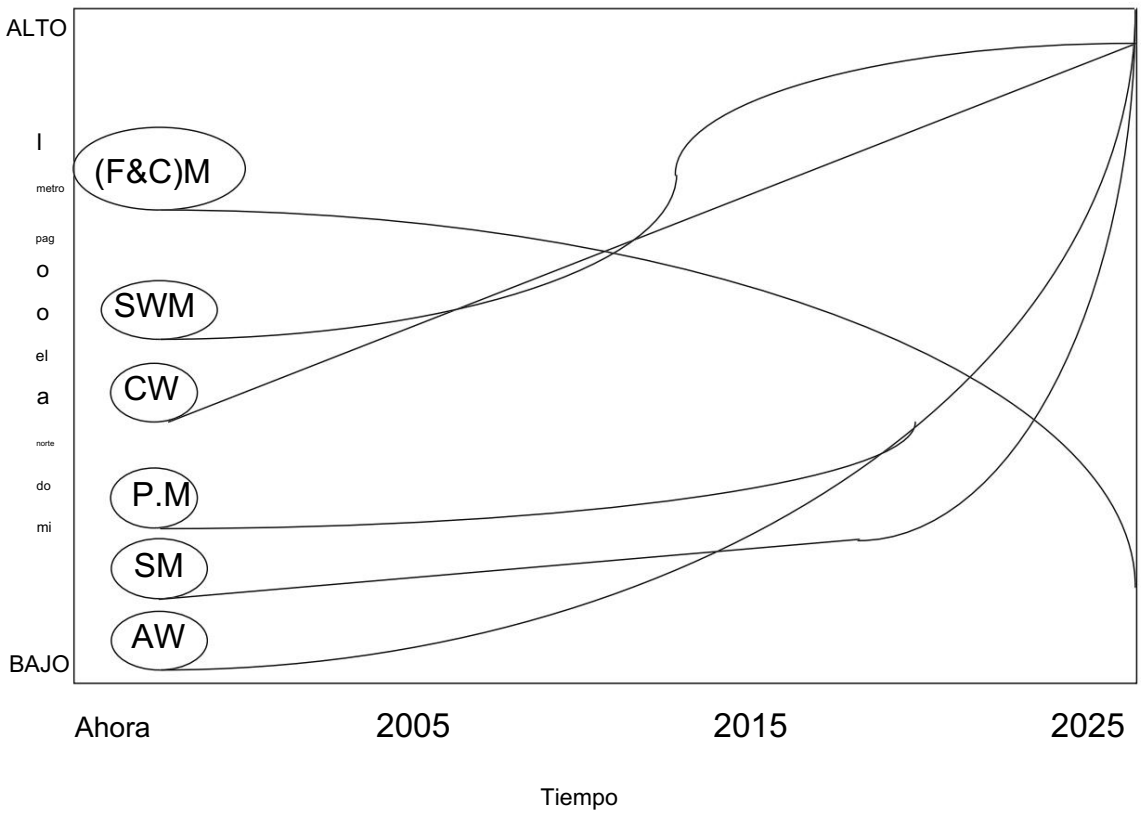


Figura 5-1. Hoja de ruta de competencias básicas para la modificación climática en 2025.

Incluso los ejércitos tecnológicamente más avanzados de la actualidad normalmente preferirían luchar con tiempo despejado.
y cielos azules. Pero a medida que proliferan las tecnologías de guerra, el bando con la ventaja tecnológica...
Prefieren luchar en condiciones climáticas que les den ventaja. El Ejército de EE. UU. ya ha aludido a este enfoque en su...
concepto de “ser dueño del clima”.1 En consecuencia, la modificación de las tormentas se volverá más valiosa con el tiempo.
También es probable que aumente la importancia de la modificación de las precipitaciones a medida que se hagan más fuentes de agua utilizables.
escaso en partes volátiles del mundo.

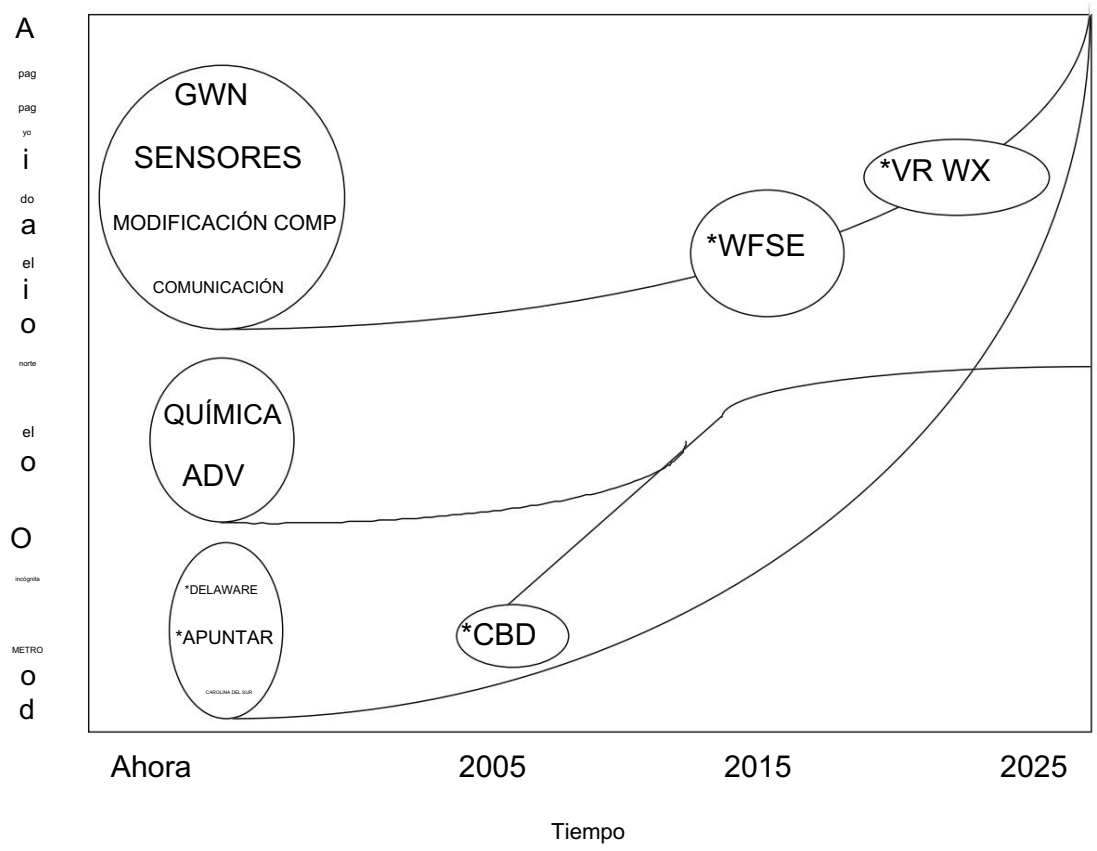
A medida que más países buscan, desarrollan y explotan tipos y grados cada vez mayores de modificación del clima
tecnologías, debemos ser capaces de detectar sus esfuerzos y contrarrestar sus actividades cuando sea necesario. Como
Descritas, las tecnologías y capacidades asociadas con ese rol contra el clima se volverán
Cada vez más importante.

Machine Translated by Google

La importancia de la modificación del clima espacial aumentará con el tiempo. Su ascenso será más rápido al principio.
a medida que las tecnologías que mejor puede apoyar o negar proliferan a su ritmo más rápido. Más tarde, a medida que esas tecnologías
A medida que maduren o se vuelvan obsoletos, la importancia de la modificación del clima espacial seguirá aumentando, pero no tanto.
rápidamente.

Para lograr las capacidades básicas representadas en la figura 5-1, se podrían implementar las tecnologías y los sistemas necesarios.
Se desarrolló según el proceso que se muestra en la figura 5-2. Esta figura ilustra el desarrollo de sistemas.
el tiempo y la secuencia necesarios para lograr una capacidad de modificación del clima para el espacio de batalla para el año 2025.
El eje horizontal representa el tiempo. El eje vertical indica el grado en que una tecnología determinada será...
Aplicado a la modificación del clima. Como usuarios principales, los militares serán los principales desarrolladores de la
tecnologías marcadas con un asterisco. El sector civil será la principal fuente de las restantes
tecnologías.

Machine Translated by Google



Leyenda

ADV	Vehículos de entrega aeroespacial	Delaware	Energía dirigida
APUNTAR	Espejos ionosféricos artificiales GWN		Red Meteorológica Mundial
QUÍMICA	Productos químicos	CAROLINA DEL SUR	Nubes inteligentes (nanotecnología)
CBD	Polvo de negro de carbón	SENSORES Sensores	
COMUNICACIÓN	Comunicaciones	VR WX	Clima virtual
COMP MOD Modelado por computadora		WFSE	Elemento de apoyo de la Fuerza Meteorológica

* Tecnologías que desarrollará el Departamento de Defensa

Figura 5-2. Hoja de ruta para el desarrollo de sistemas de modificación climática en 2025.

Conclusiones

Los recursos finitos del mundo y las necesidades continuas impulsarán el deseo de proteger a las personas y la propiedad.
y utilizar de manera más eficiente nuestras tierras de cultivo, bosques y pastizales. La capacidad de modificar el clima puede ser...
deseable tanto por razones económicas como de defensa. El sistema meteorológico global se ha descrito como una serie
de esferas o burbujas. Al presionar una, surge otra.2 Necesitamos saber cuándo otra
"empuja" el poder en una esfera de su región, y cómo eso afectará a nuestro propio territorio o áreas de
interés económico y político para los Estados Unidos.

Machine Translated by Google

Ya se están realizando esfuerzos para crear modelos meteorológicos más completos, principalmente para mejorar pronósticos, pero los investigadores también están tratando de influir en los resultados de estos modelos agregando pequeñas cantidades de energía en el momento y el espacio adecuados. Estos programas son extremadamente limitados en este momento y aún no están disponibles. validados, pero existe un gran potencial para mejorarlos en los próximos 30 años.3

Las lecciones de la historia indican que eventualmente existirá una verdadera capacidad de modificación del clima a pesar de la Riesgo. El impulso existe. La gente siempre ha querido controlar el clima y su deseo los obligará. para perseguir colectiva y continuamente su objetivo. La motivación existe. Los beneficios potenciales y el poder... son extremadamente lucrativos y atractivos para quienes tienen los recursos para desarrollarlos. Esta combinación de El impulso, la motivación y los recursos eventualmente producirán la tecnología. La historia también enseña que no podemos permitirse el lujo de prescindir de la capacidad de modificar el clima una vez que la tecnología sea desarrollada y utilizada por otros. Incluso si no tenemos intención de usarlo, otros lo harán. Para recurrir de nuevo a la analogía del arma atómica, necesitamos... Para poder disuadir o contrarrestar su capacidad con la nuestra. Por lo tanto, el clima y la inteligencia... Las comunidades deben mantenerse al tanto de las acciones de los demás.

Como lo han demostrado los capítulos anteriores, la modificación del clima es un multiplicador de fuerza con un enorme impacto. poder que podría explotarse en todo el espectro de entornos de guerra. Desde mejorar operaciones amigas o interrumpir las del enemigo mediante la adaptación a pequeña escala de los patrones climáticos naturales El dominio completo de las comunicaciones globales y el control contraespacial, la modificación del clima ofrece la El combatiente de guerra tiene una amplia gama de opciones para derrotar o coaccionar a un adversario. Pero, mientras que el clima ofensivo... Los esfuerzos de modificación seguramente serán llevados a cabo por las fuerzas estadounidenses con gran cautela y temor, está claro. que no podemos permitirnos que un adversario obtenga una capacidad exclusiva de modificación del clima.

Notas

1 Mary Ann Seagraves y Richard Szymber, “El clima, un multiplicador de fuerzas”, Military Review, noviembre/diciembre de 1995, 69.

2 Daniel S. Halacy, The Weather Changers (Nueva York: Harper & Row, 1968), 202. 3

William Brown, “Los matemáticos aprenden a dominar el caos”, New Scientist, 30 de mayo de 1992, 16.

Machine Translated by Google

Apéndice A

¿Por qué es importante la ionosfera?

La ionosfera es la parte de la atmósfera terrestre que comienza a una altitud de aproximadamente 30 millas y Se extiende 1930 kilómetros o más. Esta región está formada por capas de partículas libres con carga eléctrica. que transmiten, refractan y reflejan ondas de radio, lo que permite que esas ondas se transmitan a grandes distancias. La interacción de la ionosfera con la radiación electromagnética incidente depende de las propiedades de la capa ionosférica, la geometría de transmisión y la frecuencia de la radiación. Para cualquier... trayectoria de la señal a través de la atmósfera, existe un rango de bandas de frecuencia viables. Este rango, entre La frecuencia máxima utilizable (MUF) y la frecuencia más baja utilizable (LUF), es donde se encuentran las ondas de radio. reflejada y refractada por la ionosfera de forma muy similar a como un espejo parcial puede reflejar o refractar la luz visible.1 La Las propiedades reflectantes y refractivas de la ionosfera proporcionan un medio para transmitir señales de radio más allá de la luz directa. Transmisión de “línea de visión” entre un transmisor y un receptor. La reflexión y la refracción ionosféricas tienen Por lo tanto, se han utilizado casi exclusivamente para comunicaciones HF de largo alcance (de 3 a 30 MHz). Ondas de radio con frecuencias que van desde más de 30 MHz hasta 300 GHz se utilizan generalmente para comunicaciones que requieren Transmisiones en línea de visión, como las comunicaciones por satélite. En estas frecuencias más altas, las ondas de radio se propagan a través de la ionosfera y solo una pequeña fracción de la onda se dispersa en un patrón Análogo a una onda ionosférica. Los comunicadores se benefician significativamente del uso de estas frecuencias, ya que... Proporcionan anchos de banda considerablemente mayores y, por lo tanto, tienen una mayor capacidad de transporte de datos; también son menos propenso a interferencias naturales (ruido).

Aunque la ionosfera actúa como un “espejo” natural para las ondas de radio de alta frecuencia, se encuentra en un estado de flujo constante, y, por lo tanto, su "propiedad de espejo" puede ser limitada en ocasiones. Al igual que el clima terrestre, las propiedades ionosféricas

Machine Translated by Google

cambian de un año a otro, de un día a otro e incluso de una hora a otra. Esta variabilidad ionosférica, llamada
El clima espacial puede causar falta de fiabilidad en las comunicaciones terrestres y espaciales que dependen de
Reflexión o transmisión ionosférica. La variabilidad del clima espacial afecta la forma en que la ionosfera se atenúa.
Absorbe, refleja, refracta y cambia las características de propagación, fase y amplitud de las ondas de radio.
Estos cambios dependientes del clima pueden surgir de ciertas condiciones climáticas espaciales como: (1) variabilidad de
la radiación solar que entra en la atmósfera superior; (2) el plasma solar que entra en el campo magnético de la Tierra; (3) la
mareas atmosféricas gravitacionales producidas por el sol y la luna; y (4) la hinchazón vertical de la
atmósfera debido al calentamiento diurno del sol.2 El clima espacial también se ve afectado significativamente por las erupciones solares.
actividad, la inclinación del campo geomagnético de la Tierra y los cambios ionosféricos abruptos resultantes de eventos como
tormentas geomagnéticas.

En resumen, la reflectividad inherente de la ionosfera es un don natural que los humanos han utilizado para crear...
Las comunicaciones de largo alcance conectan puntos distantes del globo. Sin embargo, la variabilidad natural en la ionosfera...
Reduce la fiabilidad de nuestros sistemas de comunicación que dependen de la reflexión y refracción ionosférica.
(principalmente HF). En su mayor parte, las comunicaciones de frecuencias más altas, como las bandas UHF, SHF y EHF, son...
Se transmiten a través de la ionosfera sin distorsión. Sin embargo, estas bandas también están sujetas a degradación.
causada por la centelleo ionosférico, un fenómeno inducido por variaciones abruptas en la densidad de electrones a lo largo de la
trayectoria de la señal, lo que resulta en un desvanecimiento de la señal causado por variaciones rápidas de la trayectoria de la señal y desenfoque de la señal.
amplitud y/o fase.

Comprender y predecir la variabilidad ionosférica y su influencia en la transmisión y reflexión
El estudio de la radiación electromagnética ha sido un campo de investigación científica muy estudiado. Mejorar nuestra capacidad para
Observar, modelar y pronosticar el clima espacial mejorará sustancialmente nuestros sistemas de comunicación, tanto
terrestres y espaciales. Se está realizando un trabajo considerable, tanto dentro del Departamento de Defensa como en el sector comercial.
sector, sobre la mejora de la observación, la modelización y la previsión del clima espacial. Si bien se requiere una considerable ayuda técnica
Aunque persisten desafíos, asumimos para los fines de este estudio que se producirán mejoras espectaculares en estos
áreas durante las próximas décadas.

Machine Translated by Google

[1] AU-18, Manual Espacial, Guía del Analista Vol. II. (Base Aérea Maxwell, Ala.: Air University Press, diciembre de 1993), 196.

[2] Thomas F. Tascione, Introducción al entorno espacial (Colorado Springs: Departamento de Física de la Academia de la USAF, 1984), 175.

Machine Translated by Google

Apéndice B

Investigación para comprender mejor y predecir los efectos ionosféricos

Según un estudio de SPACECAST 2020 titulado “Apoyo del clima espacial a las comunicaciones”,
Los principales factores que limitan nuestra capacidad de observar y pronosticar con precisión el clima espacial son (1) la situación actual
capacidad de detección ionosférica; (2) densidad y frecuencia de las observaciones ionosféricas; (3) sofisticación y
precisión de los modelos ionosféricos; y (4) la comprensión científica actual de la física de la ionosfera.
mecanismos de acoplamiento entre la termosfera y la magnetosfera.1 El informe recomienda que se implementen mejoras
en nuestra capacidad de medir la ionosfera vertical y espacialmente; para ello se ha creado una arquitectura para la ionosfera
Se propuso un mapeo. Dicho sistema consistiría en sondas ionosféricas y otros dispositivos de detección.
instalados en constelaciones de satélites comerciales y del Departamento de Defensa (aprovechando en particular las ventajas propuestas)
Sistema IRIDIUM y reposición del GPS) y una red terrestre ampliada de satélites ionosféricos
Sondas verticales en EE. UU. y otros países. Comprender y predecir el centelleo ionosférico...
También se requiere el lanzamiento de un satélite de teledetección ecuatorial además del que está actualmente planificado o
constelaciones comerciales y del Departamento de Defensa desplegadas.

La ventaja de un sistema de este tipo es una mejora en la precisión de las predicciones ionosféricas con respecto a las actuales.
Rango de precisión del 40-60 % hasta una precisión prevista del 80-100 %. Cartografía ionosférica mundial diaria.
Proporcionaría los datos necesarios para pronosticar con precisión la propagación terrestre diurna en todo el mundo.
características de la energía electromagnética de 3 a 300 MHz. Esta previsión mejorada ayudaría a los satélites
operadores y usuarios, lo que resultaría en una mayor eficiencia operativa de los sistemas espaciales. También proporcionaría una
mejora del orden de magnitud en la localización de las fuentes de comunicaciones de radio tácticas, lo que permite
Ubicación y seguimiento de plataformas enemigas y amigas.2 Capacidad mejorada para pronosticar la actividad ionosférica.

Machine Translated by Google

La centelleo proporcionaría un medio para mejorar la fiabilidad de las comunicaciones mediante el uso de trayectorias de rayos alternativas.
o retransmitir a regiones no perturbadas. También permitiría a los usuarios operativos determinar si se produjeron cortes
debido a la variabilidad ionosférica que ocurre naturalmente, en contraposición a la acción del enemigo o problemas de hardware.

Estos avances en la observación, modelado y predicción ionosférica mejorarían la confiabilidad y
la robustez de nuestra red de comunicaciones militares. Además de sus importantes beneficios para nuestra red actual...
red de comunicaciones, estos avances también son necesarios para una mayor explotación de la ionosfera a través de la
modificación.

Notas

1 SPACECAST 2020, Soporte de meteorología espacial para comunicaciones, libro blanco G, (Maxwell AFB, Ala.: Air War College/2020, 1994). 2 Citado en ibid.

Machine Translated by Google

Apéndice C

Acrónimos y definiciones

AOC	centro de operaciones aéreas
Área de responsabilidad	área de responsabilidad
ATO	orden de asignación de tareas aéreas
EHF	frecuencia extra alta
GWN	red meteorológica mundial
alta frecuencia	frecuencia alta
IR	infrarrojos
LF	baja frecuencia
LUF	frecuencia utilizable más baja
Mesoescala	menos de 200 km2
Microescala	área local inmediata
MUF	frecuencia máxima utilizable
MW	microonda
OTRO	más allá del horizonte
PGM	municiones guiadas de precisión
RF	radiofrecuencia
SAR	radar de apertura sintética
SARSAT	Seguimiento por satélite para búsqueda y rescate
SHF	frecuencia súper alta
LUGAR	posicionamiento y seguimiento por satélite
UAV	vehículo aeroespacial deshabitado
UV	ultravioleta
VHF	frecuencia muy alta
WFS	especialista en fuerza meteorológica
WFSE	elemento de apoyo de la fuerza meteorológica
Tiempo atmosférico	clima

Machine Translated by Google

Bibliografía

Appleman, Herbert S. Introducción a la modificación del clima. Base Aérea Scott, Illinois: Servicio Meteorológico Aéreo (MAC), septiembre de 1969.

AU-18, Manual Espacial, Guía del Analista, Vol. II. Base Aérea Maxwell, Alabama: Air University Press, diciembre 1993.

AWS PLAN 813, Apéndice I, Anexo Alfa. Scott AFB, Ill.: Servicio Meteorológico Aéreo (MAC), 14 de enero de 1972.

Banks, Peter M. “Resumen de la modificación ionosférica desde plataformas espaciales”. En « Modificación ionosférica y su potencial para mejorar o degradar el rendimiento de los sistemas militares», Actas de la Conferencia AGARD 485, octubre de 1990.

Batton, Louis J. Cosechando las nubes. Garden City, NY: Doubleday & Co., 1969.

Brown, William. “Los matemáticos aprenden a dominar el caos”. New Scientist, 30 de mayo de 1992.

Byers, Horace R. “Historia de la modificación del clima”. En Wilmot N. Hess, ed., Tiempo y clima. Modificación. Nueva York: John Wiley & Sons, 1974.

Centner, Christopher, et al., “Guerra ambiental: implicaciones para los responsables de políticas y los planificadores de guerra”. Maxwell AFB, Ala.: Escuela de Comando y Estado Mayor Aéreo, mayo de 1995.

Coons, Capitán Frank G. “Dispersión de niebla cálida: una historia diferente”. Aerospace Safety 25, n.° 10 (octubre de 2008). 1969).

CJCSI 3810.01, Operaciones meteorológicas y oceanográficas, 10 de enero de 1995.

Dawson, George. “Introducción a la energía atmosférica”. En Wilmot N. Hess, ed., Tiempo y clima. Modificación. Nueva York: John Wiley & Sons, 1974.

Duncan, Lewis M. y Robert L. Showen, “Revisión de la investigación soviética sobre modificación ionosférica”. En « Modificación ionosférica y su potencial para mejorar o degradar el rendimiento de los sistemas militares», Actas de la Conferencia AGARD 485, octubre de 1990.

Dwyer, mayor Roy. Categoría III o Dispersión de Niebla, MU 35582-7 D993a. Maxwell AFB, Alabama: Air University Press, mayo de 1972.

Eisenhower, Dwight E. “Cruzada en Europa”, citado en John F. Fuller, ed., Thor's Legions. Boston: Sociedad Americana de Meteorología, 1990.

Hechos en el expediente 55, No. 2866 (2 de noviembre de 1995).

Frisby, EM “Modificación del clima en el sudeste asiático, 1966-1972”. The Journal Of Weather-modificación 14, no. 1 (abril de 1982).

Frisby, EM “Modificación del clima en el Sudeste Asiático, 1966-1972”. Revista de Meteorología Aplicada 15 (Abril 1976).

Gray, William M., et al. “Modificación del clima mediante la absorción de polvo de carbono de la energía solar”. Journal of Meteorología Aplicada 15, (abril de 1976).

Halacy, Daniel S. Los cambiadores del clima. Nueva York: Harper & Row, 1968.

Machine Translated by Google

Hall, J. Storrs. “Resumen de la nanotecnología”. Adaptado de los artículos de Ralph C. Merkle y K. Eric Drexler. Dirección de Internet: http://nanotech.rutgers.edu/nanotech/-intro.html (Universidad de Rutgers, noviembre de 1995).

Horner, General Charles. “El espacio visto como un desafío, la última frontera militar” (Declaración preparada ante el Senado) Comité de Servicios Armados) Asuntos de Defensa, 22 de abril de 1993.

Hume, Cap. Edward E., Jr. Programas de investigación ambiental atmosférica y espacial en Brasil (U), marzo de 1993. Centro de Ciencia y Tecnología Aeroespacial Extranjera, Comando de Inteligencia de la Fuerza Aérea, 24 de septiembre de 1992. (Secreto) La información extraída no está clasificada.

James, GE “Teoría del Caos: Fundamentos para Aplicaciones Militares” ACSC Theatre Air Campaign Studies Coursebook, AY96, Vol. 8. Maxwell AFB, Ala.: Air University Press, 1995.

Jiusto, James E. “Algunos principios de modificación de la niebla con núcleos higroscópicos”. Avances de la investigación de la NASA sobre las propiedades de la niebla cálida y conceptos de modificación, NASA SP-212. Washington, D. C.: División de Información Científica y Técnica de la Oficina de Utilización de Tecnología de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), 1969.

Johnson, Capitán Mike. Investigación y modificación de la atmósfera superior — Antigua Unión Soviética (U), documento de apoyo DST-18205-475-92, Centro de Ciencia y Tecnología Aeroespacial Extranjera, Comando de Inteligencia de la Fuerza Aérea, 24 de septiembre de 1992. (Secreto) La información extraída no está clasificada.

Kasemir, Heinz W. “Supresión de rayos mediante siembra de paja y rayos desencadenados”. En Wilmot N. Hess, ed., Modificación del tiempo y el clima. Nueva York: John Wiley & Sons, 1974.

Keaney, Thomas A. y Eliot A. Cohen, Informe resumido del estudio del poder aéreo de la Guerra del Golfo. Washington D. C.: Oficina Postal General, 1993.

Klein, Milton M. Estudio de viabilidad del uso de energía radiante para la dispersión de niebla. Resumen. Hanscom AFB, Mass.: Comando de Material de la Fuerza Aérea, octubre de 1978.

Kocmond, Warren C. “Disipación de la niebla natural en la atmósfera”, Avances de la investigación de la NASA sobre las propiedades de la niebla cálida y los conceptos de modificación, NASA SP-212. Washington, D. C.: División de Información Científica y Técnica de la Oficina de Utilización de Tecnología de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), 1969.

Kossey, Paul A., et al. “Espejos ionosféricos artificiales (AIM): Concepto y problemas”, en Modificación ionosférica y su potencial para mejorar o degradar el rendimiento de los sistemas militares, Actas de la Conferencia AGARD 485, octubre de 1990.

Maehlum, BN, y J. Troim, “Carga de vehículos en plasmas de baja densidad” en Modificación ionosférica y su potencial para mejorar o degradar el rendimiento de los sistemas militares, Actas de la Conferencia AGARD 485, octubre de 1990.

McLare, James. Pulp & Paper 68, núm. 8, agosto de 1994.

Meyer, William B. “La vida y la época del clima en EE. UU.: ¿Qué podemos hacer al respecto?” American Heritage 37, no. 4 (junio/julio 1986).

Petersen, Contralmirante Sigmund. “La NOAA avanza hacia el siglo XXI”. The Military Engineer 20, n.º 20. 571 (junio-julio de 1995).

Riley, Teniente Coronel Gerald F., Oficial Meteorológico del Estado Mayor del CENTCOM, Jefe al mando de la Fuerza de Apoyo Meteorológico de la CENTAF y Comandante del 3.er Escuadrón Meteorológico. En la serie de entrevistas "Escudo del Desierto/Tormenta del Desierto", entrevista realizada por el Dr. William E. Narwyn, Historiador de AWS, el 29 de mayo de 1991.

Seagraves, Mary Ann y Richard Szymber “El clima, un multiplicador de fuerza”. Military Review, Noviembre/Diciembre 1995.

SPACECAST 2020. Apoyo del clima espacial para las comunicaciones Libro blanco G. Maxwell AFB, Ala.: Aire Escuela Superior de Guerra/2020, 1994.

Machine Translated by Google

Stuart, Gene S. “Torbellinos y Rayos”, en Nature on the Rampage. Washington DC: National Sociedad Geográfica, 1986.

Sullivan, General Gordon R. “Avanzando hacia el siglo XXI: El Ejército de Estados Unidos y la modernización” , Military Review, julio de 1993. Citado en “El clima, un multiplicador de fuerzas”, de Mary Ann Seagraves y Richard Szymber. Military Review, noviembre/diciembre de 1995.

Sutherland, Robert A. “Resultados del experimento de niebla artificial”, en Actas del Campo de Batalla de 1991 Conferencia sobre Atmósferas. Fort Bliss, Texas: Hinman Hall, 3-6 de diciembre de 1991.

Tascione, Thomas F. Introducción al entorno espacial. Colorado Springs: Departamento de Física de la Academia de la USAF, 1984. Tomlinson, Edward M., Kenneth C. Young y Duane D. Smith . Aplicaciones de la tecnología láser para la disipación de niebla cálida en aeródromos, PL-TR-92-2087. Base Aérea Hanscom, Massachusetts: Comando de Material de la Fuerza Aérea, 1992.

Consejo Asesor Científico de la USAF. Nuevas Perspectivas Mundiales: Poder Aéreo y Espacial para el Siglo XXI , Volumen Resumen. Washington, D.C.: Consejo Asesor Científico de la USAF, 15 de diciembre de 1995.

Departamento de Estado de los Estados Unidos. Boletín del Departamento de Estado 76, núm. 1981 (13 de junio de 1977).